Botanical Pool Journal

C. B. P. & F. C.
Lib. Ref. 05
Recd. 1 8 JAN 195
Ab. by
Date 22 4 52
Ab. articles: pp. 142

56e Année 3e Trimestre 1950 N° 3

ANNALES DE GEMBLOUX

63 (062) (493) (A. I. Gx) 4

ORGANE TRIMESTRIEL

de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Institut Agronomique de l'Etat à Gembloux.

(Association sans but lucratif).

SOMMAIRE

Ce numéro : 60 francs.



SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
GEORLETTE RENÉ
207, Avenue
RICHARD NEYBERGH,
BRUXELLES II

EDITEUR :
J. DUCULOT
GEMBLOUX

Comité de Rédaction :

Président : Pinguair, R.
Vice-président : Ragondet, G.
Trésorier : Colleaux, H.
Membres : Boudru, M. ; Demortier, G. ; Laloux, R. ; Thomas, R. ; Van den Bruel, E. ; Van Hagendoren, G.
Secrétaire de Rédaction : Georlette, R. (tél. 25.88.77)

Compte chèques-postaux n° 1660.59 : Association des Ingénieurs de Gembloux, 14, Drève du Duc, Boitsfort.

Compte-courant n° 64.431 de l'Association à la Société générale de Belgique, 3, Montagne du Parc, Bruxelles.

Tarif publicitaire.

Pour un an :

1 page intérieure :	1400 fr.
1/2 page intérieure :	800 fr.
1/4 page intérieure :	500 fr.
Bandes d'expédition :	2000 fr.

Abonnements annuels.

Pour le pays :	225 fr.
Pour les bibliothèques publiques et les librairies :	180 fr.
Pour l'étranger :	250 fr.

Les publications originales sont signées par les auteurs qui en assument l'entière et exclusive responsabilité.

Les « Annales de Gembloux » acceptent l'échange avec toutes les revues scientifiques traitant des matières agronomiques. Il sera rendu compte de toute publication dont un exemplaire parviendra au Secrétaire de Rédaction.

La reproduction ou la traduction des articles n'est autorisée qu'après accord avec la Rédaction.

ANNALES DE GEMBLOUX

56e Année. 3e Trimestre 1950. No 3.

Une question intéressante en biochimie des fermentations : les amylases fongiques

par

F. Delecour,
Ingénieur Chimiste et des Industries Agricoles Gx.

Des préparations d'enzymes fongiques sont utilisées, depuis des temps immémoriaux, en Extrême-Orient notamment, où les Japonais préparent leur boisson alcoolique nationale, le « saké », au moyen d'une préparation enzymatique à base d'*Aspergillus* du groupe *flavus-oryzae*, le « koji ». A côté de la production de « saké », nombre d'autres industries utilisent les enzymes secrétés par les moisissures : le « souï » (soysauce) est obtenu par fermentation des grains de soja, l'agent actif étant produit par culture de moisissures convenables sur des grains cuits, ordinairement mélangés à une autre matière amylacée pour favoriser la croissance.

En 1894, Calmette isola des gâteaux de riz, connus sous le nom de levure chinoise, une moisissure amylolytique. Quoique la levure chinoise contienne beaucoup de types de moisissures et d'autres microorganismes, plusieurs moisissures furent reconnues être les agents actifs et c'est de celles-ci que Calmette isola une souche du genre *Rhizopus*.

Parti de *Mucédinées* et de levures qui donnaient aux Chinois un rendement de 22 litres d'alcool pour 100 kg d'amidon, Calmette était arrivé, au laboratoire de Saïgon, à 40 litres et Boidin atteignit rapidement 48 litres. Il obtint ensuite, petit à petit, un rendement de 66 litres, grâce à l'établissement d'un matériel spécialement étudié par lui et aux recherches qu'il fit pour améliorer tous les détails du travail.

Néanmoins, c'est à Takamine que l'on doit la première application industrielle de l'emploi de préparations enzymatiques pro-

duites commercialement à partir de sources microbiologiques (*Asp. oryzae*). En 1891 déjà, TAKAMINE recherchait un remplaçant du malt pour la saccharification des matières amylacées en vue de la fermentation alcoolique. Il introduisit dans le commerce un certain nombre de produits à haute activité diastasique, vendus sous divers noms, tels que : Takadiastase, Polyzyme, etc... et utilisés pour la dextrinisation de l'amidon et dans l'industrie des textiles. TAKAMINE mit au point un procédé industriel de fermentation avec saccharification par des préparations fongiques et qui donna, lors des essais effectués en 1913, de bons résultats. Mais l'alcool ainsi produit n'était qu'à usage industriel, car l'absence de malt entraînait un manque de saveur ou des odeurs spéciales dans le produit final.

Cette question bénéficia d'un regain d'intérêt aux U. S. A., au cours de la grande crise, vers les années 1930-34. On cherchait alors à valoriser la récolte de maïs et d'autres céréales par la production d'alcool. Enfin, au cours de la guerre 1940-45, le malt étant devenu plus rare et cher, divers chercheurs se consacrèrent de nouveau à cette question et plusieurs d'entre eux mirent sur pied des procédés industriels qui ont donné de bons résultats.

Certains procédés de production d'alcool à partir de matières amylacées, n'utilisent que des moisissures pour les deux stades de fermentation : amidon-sucres et sucres-alcool. Il y a cependant avantage à employer une moisissure et une levure successivement. La moisissure assurera la saccharification, tandis que la fermentation proprement dite sera l'apanage de la levure ; de cette façon, on obtient de meilleurs rendements en alcool.

1. QUELQUES PROPRIÉTÉS DES AMYLASES FONGIQUES.

Les amylases fongiques sont réputées contenir l'alpha- et la bèta-amylase.

LÉOPOLD et STARBANOW, notamment, ont étudié le problème de la nature de l'amylase de *Rh. japonicus*, en expérimentant les pouvoirs liquéfiant, dextrinisant et saccharifiant de cette moisissure.

Ils déterminèrent les pH optima : pour la liquéfaction et la dextrinisation, il se situe, d'après leurs résultats, aux environs de pH 5 ; pour la saccharification, autour de pH 4. Ce fait, de même que les courbes d'activités obtenues par ces deux auteurs, montrent que les trois fonctions ne relèvent pas d'un seul enzyme (alpha-amylase) comme on l'avait jusqu'alors admis pour les amylases fongiques, mais qu'une partie de l'action saccharifiante doit être attribuée à

un enzyme spécial (bèta-amylase). Des essais d'inactivation thermique ou par acidification, ainsi que des recherches sur la mutarotation du maltose libéré par la dégradation de l'amidon, confirmèrent l'existence de 2 fractions enzymatiques. Par diffusion selon la méthode de Wijsmann, Léopold et Starbanow parvinrent même à établir qu'au début de sa croissance, *Rh. japonicus* secrète surtout l'alpha-amylase, qu'accompagne ensuite la bèta-amylase, qui atteint son maximum lors de la sporulation.

Léopold et Starbanow concluent ainsi : « Donc, l'amylase de *Rh. japonicus* comprend deux fractions enzymatiques, et est, après celle d'*Asp. oryzae*, la seconde amylase fongique reconnue contenir, à côté de l'alpha-amylase, la bèta-amylase.

2. Organismes capables de produire de l'amylase.

Le « koji » japonais contient des *Aspergillus* du groupe *flavus-oryzae.*

Underkofler et ses collaborateurs expérimentèrent des souches de : *A. niger, A. oryzae, M. rouxii, M. circinelloïdes, M. javanicus, P. chrysogenum, P. purpurogenum, Rh. delemar, Rh. nigricans, Rh. shangaiensis, Rh. tritici.*

Citons encore : *P. italicum* (Klotz) ;
M. racemosus, Diplodia tubericola (Harter) ;
Rh. japonicus (Leopold et Starbanow) ;
Monilia sitophila (Funke).

Par contre Hawkins (cité par Harter) montra que ni *Fus. oxysporum,* ni *Fus. radicicola* n'altèrent l'amidon.

3. Milieux de culture utilisés.

Les milieux de culture utilisables sont très divers. Pour les recherches de laboratoire, on peut utiliser les milieux classiques pour moisissures, comme le faisait par exemple Harter qui utilisait un milieu de Czapek modifié.

Cependant, il est préférable d'utiliser des milieux naturels, dont le prix est moins élevé. C'est ce qui s'est toujours fait dans l'industrie et aussi au laboratoire, pour les recherches précédant l'étude d'un procédé industriel.

Harter, par exemple, employait une décoction de patates douces qui permettait une excellente croissance des moisissures. Takamine, Underkofler et d'autres encore ont employé du son de froment, humidifié d'eau ou d'HCl, avec ou sans complément

minéral. BINDAL et SREENIVASAYA recommandent l'emploi de drèches de diverses plantes : orge, sorgho, maïs, froment, *Eleusine coracana, Pennisetum typhoïdes.*

Un autre substrat qui semble très intéressant, parce que sous-produit de l'industrie de fermentation, est constitué par les résidus des colonnes de distillation. Le procédé industriel de Hildebrandt fait usage de ces résidus, complétés par de la farine de maïs granulée et du malt, de l'Al en poudre, $ZnSO_4$, Am_2SO_4 et un peu d'H_2SO_4 pour ajuster l'acidité du milieu.

Par contre, l'établissement industriel d'Eagle Grove, Iowa, n'emploie comme milieu de culture que du son humidifié. Au laboratoire, ce dernier milieu nous a donné de très bons résultats au point de vue croissance des moisissures et production d'amylase. Souvent, dans les Erlenmeyers, l'ensemble milieu de culture-mycélium se prend en masse compacte, ce qui diminue la maniabilité du produit. C'est ce qui amena les chercheurs à utiliser pour les cultures de laboratoire, divers dispositifs tels que des tambours rotatifs ou bien des pots spéciaux en aluminium qui permettent une meilleure aération des cultures et empêchent la prise en masse du son. Entre la culture de laboratoire et le stade industriel, on réalise plusieurs cultures en volumes croissants.

Un autre procédé de culture utilisé est celui des cultures submergées, pour lequel on emploie des résidus de fermentation alcoolique du maïs ou du sorgho, milieu liquide à environ 4-5 % de matières sèches dont environ le tiers est constitué de protéines ; on y ajoute 2 % de glucose et 0,5 % de $CaCO_3$. D'après LE MENSE, cette méthode de production d'amylase aurait des avantages marqués quand le produit peut être employé directement, sans concentration ou purification, comme, par exemple, dans la fermentation alcoolique des grains et dans la fabrication des sucres et dextrines à partir d'amidon.

4. INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS, PENDANT LA CROISSANCE.

a) *Influence du milieu de culture lui-même.*

Il y a production d'amylase même en absence de tout hydrate de carbone. Cependant, la production augmente en présence d'amidon et plus encore quand l'amidon constitue la seule source de carbone. Les sucres semblent diminuer l'élaboration d'amylase, mais on ne peut être très affirmatif sur ce point, car les auteurs ont trouvé des résultats quelque peu divergents, notamment dans le cas du glucose.

Pour *Rh. japonicus*, LEOPOLD et STARBANOW observèrent que sur milieu carencé, eau de conduite par exemple, le mycélium produit moins d'amylase que sur les solutions à 0,1 % d'acide citrique qu'ils employaient habituellement.

LE MENSE et al., partant d'un point de vue plus pratique, étudièrent l'influence de divers milieux naturels. Ils utilisaient *A. niger* NRRL 337 cultivé, en culture submergée, sur plusieurs milieux protéiniques avec divers compléments hydrocarbonés. Les résidus de fermentation, l'infusion de maïs et les résidus animaux, sans compléments hydrocarbonés, ne donnent que de faibles rendements en amylase, tandis que la farine de soja paraît être satisfaisante par elle-même. Si l'on ajoute du glucose, mélasse ou farine de maïs à la source de protéines, on constate une bonne production d'amylase sauf dans le cas d'infusion de maïs + mélasse. Dans cette série d'essais, la plus forte concentration en enzyme fut obtenue sur résidus de fermentation + farine de maïs. Le saccharose et le maltose donnent une bonne production d'amylase, tandis que le xylose et le lactose sont moins efficients. Ces résultats indiquent qu'une grande variété d'hydrates de carbone, en combinaison avec des substances protéiques, d'origine animale ou végétale, peuvent être utilisés comme substrats pour *A. niger* NRRL 337.

Pour les cultures submergées, ADAMS et al., trouvèrent, au laboratoire, que la croissance et la production d'amylase d'*A. niger* NRRL 337 sur résidus de fermentation provenant de l'industrie, étaient assez nettement inférieures à celles obtenues sur ces mêmes résidus préparés au laboratoire.

Dans les distilleries, le résidu des colonnes de distillation est lavé, évaporé jusqu'à 30 % de matières sèches et enfin séché dans des tambours. Le produit final est connu sous le nom de : « distillers dried solubles ». Ce sont ces « solubles » qui furent comparés aux résidus de laboratoire. Dans les deux cas, les rendements en alcool étaient favorables et supérieurs d'environ 0,1 proof-gallon par boisseau de grain, à ceux obtenus avec les témoins-malt. (Proof-gallon signifie : 1 gallon- 231 cubic inches-d'alcool à 100° proof, i. e. 50 % d'alcool). Ces résidus de fermentation provenaient de moûts saccharifiés au malt. Adams trouva utile de leur comparer les résidus de moûts saccharifiés par les moisissures. Dans ce cas-ci, les rendements en alcool étaient d'environ 0,3 proof-gallon /boisseau, supérieurs à ceux obtenus après saccharification au malt.

ERB, WISTHOFF et JACOBS recherchèrent, de leur côté, l'influence de la concentration du milieu de culture, dans le cas des cultures submergées. Ils trouvèrent que la production d'amylase augmente avec la concentration du milieu. Leurs résultats indiquent encore

que, si l'on emploie l'amylase fongique après 22 heures de culture, il n'est pas nécessaire de dépasser une concentration du milieu de culture de 6° Bx. Mais d'autre part, si l'on peut, sans inconvénient, allonger la période de croissance, le pouvoir saccharifiant peut être augmenté jusqu'à 3,5 fois par l'emploi d'un milieu à 10° Bx. et culture pendant 92 heures.

b) *Inflence de la température de culture.*

Harter cultivait *Rh. tritici* sur décoction de patates douces, aux températures de 9 29 et 40°. Il obtint les résultats ci-dessous :

T° C	Sucres réducteurs en mgr. par 10 cc.
9	39,7
29	26,85
40	9,93

La température de culture a donc une influence marquée sur la production d'amylase. La croissance la plus faible avait lieu à 9° ; à cette température, le mycélium était surtout immergé et il n'y avait pas de sporulation. A 29 et 40°, Harter observa la formation d'un feutrage épais, ainsi que la sporulation des cultures, moindre cependant à 40° qu'à 29°.

Klotz, de son côté, établit que la production d'amylase par *P. italicum* des *Citrus*, augmente quand la température monte à 32°, qui est presque le maximum pour la croissance.

c) *Influence de l'aération.*

Underkofler conseille, pour les cultures en Erlenmeyers, de ne pas employer trop de son : 30 gr. pour un flacon de 500 cc., ou 50 gr. pour un flacon de 1000 cc. Un excès de son, dit-il, entraîne un retardement dans la croissance et dans la sporulation, à cause de l'insuffisance d'accès d'air dans la masse. Plus tard, il donnera comme un des avantages de la culture dans les pots spéciaux en Al, une aération plus uniforme, entraînant une croissance plus rapide de la moisissure.

Dans leurs expériences sur des cultures submergées d'*A. niger* 337, Le Mense et ses collaborateurs étudièrent l'influence de l'aération sur la production d'amylase. Le taux d'aération variait de 0,25 à 1 volume d'air par volume de milieu et par minute. Ils observèrent que la synthèse de l'enzyme augmentait avec la vitesse d'aération. Dans d'autres essais, où les milieux étaient aérés et agités,

une vitesse d'aération plus faible fut trouvée suffisante pour la production d'amylase, l'agitation facilitant l'accès de l'air dans la masse.

Aux U. S. A., il existe plusieurs usines à son fongique. L'une d'entre elles réalise la culture des moisissures en cellules spéciales avec aération forcée au travers d'épaisses couches de son inoculé. Dans une autre usine, le son inoculé est disposé sur des plateaux métalliques dans des salles d'incubation ventilées ; ce dernier procédé, plus simple, assure une meilleure croissance de l'organisme et fournit un produit final plus uniforme et de haute activité amylolytique.

d) *Influence de l'acidité et du pH.*

D'après Johnson (cité par Mr. P. Manil), *A. oryzae* peut pousser entre les pH d'arrêt de 1,6-1,8 à 9,0-9,3. Mais il est évident qu'il doit y avoir, dans l'échelle des pH, un point optimum pour la croissance et la production d'amylase.

Pour *A. niger*, Funke établit qu'il y a en réalité une *zône* optimum, assez large, de pH 3,8 à pH 5,8. Dans les cultures d'ailleurs, l'organisme lui-même produit une acidité suffisante à assurer la concentration en ions H nécessaire. Mais des essais sur *Mon. sitophila* donnèrent des résultats opposés.

Pour les cultures submergées, Le Mense et al. ajoutaient au milieu de culture, du $CaCO_3$ de façon à avoir des concentrations croissant de 0 à 1 %, ce qui faisait varier le pH du milieu. Avec 1 % de $CaCO_3$, ils obtenaient 5 fois plus d'amylase qu'en l'absence de ce sel. L'optimum se situe aux environs de 0,5 %, qui correspond à la plus forte production d'enzyme observée. Le pH final augmente avec la concentration en $CaCO_3$, tandis qu'en présence de $CaCl_2$ à 1 %, le pH final tombe à 3,7 ; la production d'enzyme, dans ce cas, est inférieure à celle obtenue en l'absence de tout sel calcique. On sait que l'alpha-amylase est rapidement inactivée à un pH de 4,2 ou plus bas ; il semble dès lors que le principal rôle du $CaCO_3$ soit de maintenir le pH au-dessus de cette limite.

e) *Influence des sels minéraux ou d'autres substances.*

On sait que certains sels minéraux ou d'autres substances encore, influencent, en bien ou en mal, la croissance et l'activité des microgermes. Différents auteurs ont appliqué, dans leurs essais, ce fait général à la production d'amylase par les moisissures.

Takamine avait déjà réussi à acclimater *A. oryzae* à des doses d'un antiseptique (formol), telles que les espèces parasites ne puissent se développer avant que la moisissure n'ait pris une avance

utile. Dans les recherches de laboratoire, évidemment, ce fait est de moindre importance, parce qu'il y est facile d'opérer en milieu stérile, donc en culture pure. Mais dans l'industrie, il en va tout autrement, parce que, soit à cause de la dimension des appareils, soit à cause du coût de l'opération, il n'est pas toujours possible de stériliser le milieu de culture. Il faut donc alors employer des antiseptiques et ceci demande des essais particuliers quant à la nature de l'antiseptique et à sa concentration.

Erb, Wisthoff et Jacobs nous fournissent quelques données sur leurs essais de deux antiseptiques, le bifluorure d'Am et le pentachlorphénate de soude (ou Dowicide G), dans les cultures submergées d'*A. niger* 337. Des milieux de culture furent d'abord ensemencés par 0,05 % en volume d'une culture jeune de *Cl. acetobutylicum*, puis ensemencés de spores de moisissures. Des quantités de bifluorure variant de 0,015 à 0,02 gr./100 cc. se montrèrent le plus favorables : légère contamination et production d'amylase maximum. Des résultats semblables furent obtenus avec le pentachlorphénate de soude. De plus, cet antiseptique inhibe la sporulation d'*A. niger*. Pour l'interprétation de leurs résultats, Erb, Wisthoff et Jacobs font remarquer que : (a) la sporulation est liée à une faible production d'amylase, (b) des quantités convenables de Dowicide G inhibent la sporulation sans interférer avec la production d'amylase.

Erb et Hildebrandt, pour leur procédé industriel, recherchaient l'emploi des résidus de fermentation comme milieu de culture. Mais les moisissures ne poussaient pas bien. Les auteurs croyaient à une toxicité par des traces de métaux des appareils, mais au laboratoire, dans des récipients en verre, la même toxicité existait. En tout cas, cet inconvénient est diminué par dilution, supprimé par traitement au carbone ou par addition d'Al en poudre et cela sans qu'on en connaisse la raison. D'autre part, Van Lanen et Le Mense (cités par Adams) cultivèrent avec succès *A. niger* sur résidus de fermentation et ne rapportent pas d'indication d'une quelconque toxicité.

D'autres substances exercent une action, favorable dans certains cas, défavorable dans d'autres. Ercoli et C. Ravazzoni rapportent que l'action de l'amylase d'*A. oryzae* et de l'amylase bactérienne « Rapidase » est freinée par la présence de sulfanilamide dans le milieu. Kellerman (cité par Harter) trouva que les alcalis sans exception et les métaux en général entravent plus ou moins l'action de la Takadiastase.

Erb, Wisthoff et Jacobs ajoutent à leur milieu de culture pour *A. niger*, 0,25 % d'urée qui stimule la formation d'amylase.

HAO et d'autres ont montré que l'addition de $FeSO_4$ et de $ZnSO_4$ augmente quelque peu l'activité des souches d'*A. oryzae*, mais est désavantageuse avec les représentants du genre *Rhizopus*, qui peuvent d'ailleurs être favorisés par d'autres concentrations. ERB et al. montrèrent que l'addition au milieu de culture, de petites quantités de KCl ou $NaCl$ a un effet stimulant marqué sur la production d'amylase.

FISHER rechercha l'action des métaux lourds sur la dégradation de l'amidon par *A. niger*. Il établit, qu'en dose optimum, le zinc agit comme élément nutritif, mais qu'il est toxique en dehors de cette dose optimum. Cette dernière élimine la toxicité de hautes teneurs en *Cu* ou en *Fe*, tandis que de hautes doses de *Zn* conservent leur toxicité en présence de doses optima de *Cu* et de *Fe*. L'action des métaux lourds sur la croissance et la sporulation se fait sentir pendant tout le développement de la moisissure.

5. INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS, PENDANT LA SACCHARIFICATION.

M. VAN LAER a écrit : « La constitution chimique des diastases étant encore inconnue, il n'est pas possible actuellement de doser directement ces substances ; on a tourné la difficulté en substituant à une telle mesure de quantité, une mesure d'activité basée sur la mesure des vitesses réactionnelles. Ce sont les activités ainsi définies qui constituent ce qu'on appelle le pouvoir diastasique ». Au point de vue industriel d'ailleurs, le point important n'est pas tellement la quantité d'enzyme présente mais bien l'activité de cet enzyme. Il se peut, en effet, que sous certaines conditions, l'enzyme présent ne puisse agir sur le substrat spécifique.

On rencontre différents modes d'appréciation du pouvoir diastasique : degrés Lintner, unités d'amylase, % de conversion, valeurs de saccharification. Mais pour les Américains, la seule méthode correcte d'appréciation est d'effectuer des tests de fermentation et de comparer les rendements en alcool obtenus. En effet, dans certains cas, une préparation fongique donne des rendements en alcool plus élevés que ne le fait une autre, bien que cette dernière donne plus d'unités d'amylase que la première. Le rendement final en alcool est d'ailleurs ce qui intéresse l'industriel.

a) *Influence de la forme sous laquelle se trouve l'amidon.*

HARTER trouva que le fait de broyer l'amidon dans du sable fin, ne paraît pas influencer appréciablement le degré d'hydrolyse. Mais

d'autre part, l'empois d'amidon est hydrolysé, par *Rh. tritici*, plus rapidement que l'amidon cru.

I. A. Effront, de son côté, rapporte que les *Mucédinées* saccharifient rapidement l'amidon soluble, mais difficilement l'amidon cuit.

b) *La température de saccharification.*

Durandard (cité par Harter) rapporte que la température optimum pour l'hydrolyse de l'amidon de riz par un extrait de *Rh. nigricans* est de 45°. Underkofler trouva que les températures de 45 à 60° étaient convenables.

Hao et al. disent qu'il peut être avantageux d'ajouter le son fongique à 55°, pour abaisser la viscosité de la masse et en augmenter ainsi la maniabilité.

Selon Adams, l'addition des cultures submergées d'*A. niger* se faisait à 55° C, mais comme les distilleries américaines sont équipées pour travailler à 62°, les auteurs réalisèrent des essais à cette température plus élevée. Il en résulta une diminution de viscosité du moût ainsi qu'une augmentation de rendement.

On voit donc qu'il ne semble pas y avoir un *point* optimum dans ce domaine, mais plutôt une *zone* optimum.

c) *Conservation des préparations amylolytiques.*

Ce point est très important à considérer, lorsqu'on envisage une application industrielle du procédé de saccharification aux moisissures.

Funke constate que l'amylase, après avoir atteint son maximum, chez *A. niger*, garde ses propriétés quasi constantes pendant longtemps. Des essais de Harter, il résulte que le mycélium de *Rh. tritici* peut être conservé plusieurs mois, sans perte appréciable de ses propriétés.

Hao et ses collaborateurs constatèrent qu'avec *A. oryzae*, on peut employer le son fongique sous forme de masse humide, de masse sèche, de poudre humide ou de poudre sèche. Eux non plus ne remarquèrent aucune perte d'activité du son fongique après 24 *mois* de conservation. Ils conseillent cependant de veiller à ce que le taux d'humidité ne dépasse pas 12 %.

d) *Additions fractionnées de son fongique.*

Quelques chercheurs se sont demandé s'il n'y aurait pas avantage à admettre en plusieurs fois les préparations fongiques dans le moût à saccharifier. Hao, Fulmer et Underkofler disaient : « Si la préparation d'amylase est ajoutée en plusieurs fois, en quan-

tités telles qu'elles maintiennent la concentration en diastase à un niveau tel qu'une transformation éventuelle des sucres fermentescibles en sucres non fermentescibles ne soit pas à craindre, il semble que le rendement en alcool doive augmenter ». En effet, ils obtinrent ainsi, avec deux additions de son fongique, une légère mais constante augmentation de rendement.

Plus tard, HAO et JUMP reprirent des essais similaires, mais avec des préparations d'amylase pure. Leurs résultats confirmèrent que des additions fractionnées d'amylase amènent une augmentation de rendement de 1 à 2 %.

6. COMPARAISONS DE MATIÈRES SACCHARIFIANTES.

a) *Comparaisons de diverses espèces ou souches de moisissures.*

De telles comparaisons ont surtout comme but, une sélection des souches intéressantes en vue de l'application industrielle. Il existe entre les espèces, et au sein d'une même espèce, entre les souches de moisissures, de grandes différences au point de vue production d'amylase.

HAO, FULMER et UNDERKOFLER expérimentèrent 27 souches, appartenant à 4 genres : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* et *Rhizopus*. Les *Aspergilli* étaient très actifs surtout ceux du genre *oryzae*. *M. rouxii* et *M. circinelloïdes* atteignaient sensiblement la même valeur, tandis que *M. javanicus* se montrait inférieur à toutes les autres souches. *P. chrysogenum* était particulièrement pauvre. Quant aux *Rhizopus*, à l'exception d'une souche de *Rh. oryzae*, ils donnaient des sons fongiques très actifs. Au cours de leurs essais, les auteurs obtinrent assez souvent des rendements en alcool dépassant 93 % de la quantité théorique.

b) *Comparaisons de diverses matières saccharifiantes.*

Travaillant avec différentes proportions de matières saccharifiantes (malt, son fongique, farine de soja), SCHOEME, FULMER et UNDERKOFLER obtinrent dans tous les cas des rendements supérieurs, après utilisation du son fongique.

Plus tard, ROBERTS et al. traitant des moûts de farine de froment arrivèrent à des résultats plus nets encore. Avec le son fongique, ils obtenaient de 2 à 14 % d'alcool de plus qu'avec le malt. Après empâtage du froment à pression atmosphérique et saccharification au moyen de 3 % de son fongique sec, les rendements en alcool étaient supérieurs à ceux fournis après saccharification par 8 % de malt.

LE MENSE et al., avec leurs cultures submergées d'*A. niger*,

remarquèrent que les meilleures préparations fongiques réalisent une saccharification plus complète que ne le fait le malt. Les préparations fongiques permettant d'obtenir 5,4 proof-gallon par boisseau de grain, donnaient une efficacité de fermentation (rendement réel /rendement théorique) de 86 % contre 84 % pour le malt.

SCHOENE, FULMER et UNDERKOFLER comparèrent encore les actions respectives du son fongique, du malt et de HCl. Nous donnons ici leurs conclusions. Les rendements en alcool sont plus bas après saccharification à l'acide. La transformation de l'amidon par action de l'acide se fait comme suit : amidon, dextrines, maltose, dextrose, polysaccharides. Selon les auteurs, cette réversion du dextrose s'expliquerait par le fait que un tiers environ des hydrates de carbone de l'hydrol (liqueur-mère finale de la production commerciale du dextrose) est non-fermentescible. Un cinquième environ de ces sucres non-fermentescibles a été reconnu être un disaccharide réducteur, le gentiobiose.

Par rapport à l'emploi d'acide, le traitement au malt donne une certaine augmentation de rendement, mais l'effet du son fongique fut plus net. L'augmentation de la teneur en sucres d'un moût, après addition de malt, est approximativement celle qu'on peut attendre des hydrates de carbone du malt lui-même ; tandis qu'avec le son fongique, on n'apporte pratiquement aucun hydrate de carbone utilisable. D'autre part, l'émulsine du son fongique hydrolyserait en dextrose certains hydrates de carbone, comme le gentiobiose, qui possède des chaînons bèta-glucosides, tandis que le malt serait incapable d'accomplir cette transformation. Il est aussi possible que les enzymes protéolytiques des moisissures produisent plus d'N assimilable par la levure.

c) *Les mélanges de matières saccharifiantes.*

L'amylase étant un complexe enzymatique, les amylases de différentes sources peuvent varier considérablement dans leur effet sur l'amidon. Les différences observées sont dues, pour une grande part, à des proportions variables des deux fractions (alpha- et bèta-). D'autres facteurs peuvent d'ailleurs encore intervenir, comme, par exemple, la coaction d'activateurs ou d'inactivateurs naturels spécifiques de la dégradation de l'amidon. Puisque l'amylase est un complexe, il est peut-être possible d'obtenir une meilleure saccharification en combinant plusieurs matières saccharifiantes, de façon à réaliser de meilleures proportions entre les diverses fractions du complexe amylolytique.

SCHOENE, FULMER et UNDERKOFLER étudièrent diverses combinaisons de malt, son fongique et farine de soja. Il ne semble pas y

avoir grand avantage à utiliser des combinaisons de matières amylolytiques plutôt que du son fongique seul.

Les mêmes auteurs réalisèrent d'autres essais, avec les mêmes agents saccharifiants, mais employés comme compléments de l'action d'HCl. Les résultats ne furent pas très nets, mais il est à noter que l'effet d'une addition de farine de soja, en plus petite quantité que la quantité optimum de son fongique, prend un intérêt spécial, car il en résulte une augmentation du rendement en alcool. Et cela, à tel point qu'une combinaison de 1 % de son fongique avec 1 % de farine de soja donne aux auteurs un rendement presque aussi élevé que 5 % de son fongique employé seul.

SCHOENE conclut ainsi : La saccharification par l'acide semble de peu d'intérêt, sauf si on la complète par une action d'amylase fongique. Des questions d'ordre économique sont alors décisives : d'une part, l'économie sur le prix du malt est appréciable mais il faut employer des récipients résistant aux acides ; d'autre part, les moûts hydrolysés à l'acide étant plus fluides, il en résulte une économie de puissance pour l'agitation, mais par contre, les cuissons sont plus longues et demandent une plus forte consommation de puissance. De sorte que, d'après SCHOENE, il peut être plus recommandable d'employer un procédé de saccharification complète au son fongique seul.

7. LIQUÉFACTION DES MOÛTS AMYLACÉS.

A diverses reprises, les auteurs remarquèrent que, préparés au laboratoire, des moûts contenant 15-20 gr. de farine de maïs par 100 cc. d'eau étaient, après gélatinisation de l'amidon, si épais et grumeleux que l'enzyme hydrolysant ne pouvait exercer son activité optimum. C'est pourquoi, dans les études de laboratoire, on procède souvent au prémaltage, *i. e.* à une liquéfaction préliminaire de l'amidon cru, cela pour obtenir un mélange plus maniable. Ce problème de la prise en grumeaux est moins grave dans la pratique industrielle où les cuiseurs sont équipés de puissants agitateurs : c'est pourquoi la pratique du prémaltage est rare dans l'industrie.

SCHOENE, FULMER et UNDERKOFLER obtinrent de bons résultats avec le malt et le son fongique employés seuls, tandis que la farine de soja était inefficiente. HCl aussi donnait de bons résultats.

ROBERTS et ses collaborateurs, étudiant la saccharification du froment, trouvent que les moûts liquéfiés au malt sont plus fluides mais que leur rendement en alcool n'est pas supérieur à celui obtenu après emploi de 3-4 % de son fongique seul.

8. Travail des grains de froment.

En 1944, Roberts, Laufer, Stewart et Saletan publièrent les résultats de leurs essais d'emploi de farine de froment comme matière première pour la saccharification par les amylases fongiques. Dans la plupart des cas, la saccharification à 30° au moyen de son fongique sec fournit de meilleurs résultats que la saccharification à 52°5. Par contre, cette dernière température convient mieux au son fongique humide. Les conditions optima sont : emploi de 3-4 % de son fongique sec, liquéfaction à pression atmosphérique, saccharification à 30°. Les auteurs terminent en disant : « Élimination de la cuisson sous pression, réduction de la température de saccharification et plus hauts rendements en alcool, telles sont les attirantes possibilités offertes par le procédé de saccharification au son fongique ».

Signalons enfin, d'après les mêmes auteurs, qu'il est nécessaire d'adapter la levure aux moûts à base de froment, par repiquages successifs sur un moût de froment préalablement *pasteurisé* pour éviter de détruire d'éventuelles toxines thermolabiles.

9. Emploi de préparations d'amylase pure.

Un certain nombre d'amylases pures, fongiques et bactériennes étant dans le commerce, Hao et Jump eurent l'idée d'étudier ces produits comme agents saccharifiants dans la fermentation alcoolique. Ils recherchaient surtout les concentrations minima comparables à 8 % de malt.

Les préparations brutes et les extraits aqueux confirmèrent les résultats antérieurs.

La principale caractéristique des préparations purifiées est qu'elles sont de forte concentration en amylase. De faibles quantités de ces produits (0,25 %, 0,375 %) donnent des résultats supérieurs à ceux fournis par 8 % de malt.

10. Réalisations industrielles.

Le procédé faisant usage de son fongique a déjà reçu, aux U. S. A., plusieurs applications. Underkofler, Severson et Goering nous donnent, sur l'usine d'Eagle Grove, Iowa, des détails assez complets.

A. oryzae est ensemencé sur du son disposé sur des plateaux

métalliques dans des salles ventilées. Le son fongique produit est utilisé de trois façons différentes ;

a) Préparation du milieu de culture pour la levure.
b) Comme seul agent saccharifiant.
c) En combinaison avec le malt.

a) *Préparation du milieu de culture pour la levure.*

Le remplacement de 7200 lb. de malt par 2000 lb. de son fongique donna d'excellents résultats : le temps requis pour l'acidification lactique est diminué de moitié ; après 14 heures de culture de la levure, on compte 200.000.000 de cellules de levure par cc., contre 100.000.000 dans les témoins-malt ; en outre, à l'examen microscopique, les cellules se montrent plus grandes et de vitalité accrue. Déjà rien que par cette modification, les rendements en alcool passaient de 4,75 à au moins 5,01 proof-gallon par boisseau de grain.

b) *Son fongique comme seul agent saccharifiant.*

Les quantités de son fongique employées variaient de 3,9 % à 4,8 %, les quantités de malt (témoins), de 9 % à 12,4 %. Les moyennes de tous les essais furent :

5,34 P. G. /B. après saccharification au son fongique.
5,13 P. G. /B. après saccharification au malt.

c) *Combinaisons de son fongique et de malt.*

Moyennes :

5,26 P. G. /B. pour les mélanges son fongique-malt.
5,23 P. G. /B. pour les témoins-malt.

Ces essais ont donc confirmé les expériences de laboratoire, et, disent les auteurs, montrent bien que le son fongique est tout à fait satisfaisant quand on l'emploie industriellement. Depuis la fin de la guerre, une usine d'Omaha a produit, par le procédé aux moisissures, de l'alcool neutre pur. Par rapport à l'alcool obtenu après saccharification au malt, on ne put y déceler aucune différence de qualité, ni par des tests chimiques, ni par des tests organoleptiques.

d) *Quelques données économiques.*

Du point de vue économique, UNDERKOFLER et al. ont calculé par comparaison avec le malt, le prix-limite que ne peut dépasser le son fongique pour que son emploi reste avantageux. Les auteurs supposent que les rendements sont égaux dans les deux cas. Dans les conditions numériques données par les auteurs (prix du malt :

4,8 ct. /lb.) ; le prix-limite du son fongique s'établit à 9 ct. /lb., si on emploie le son fongique comme seul agent saccharifiant. Ce prix-limite s'élève à 12,5 ct. /lb., quand on emploie une combinaison 4 % de malt + 1,6 % de son fongique et à 17 ct. /lb., quand on utilise le son fongique à la préparation du milieu de culture pour la levure.

« Or, dit UNDERKOFLER, l'usine d'Eagle Grove obtient le son fongique à un prix beaucoup plus bas que les limites fixées ci-dessus ».

Pour les cultures submergées, LE MENSE et ses collaborateurs ont trouvé que le prix de l'amylase nécessaire à la saccharification d'un boisseau de grains s'élevait à 6,06 cents, tandis qu'avec le malt, le prix correspondant est de 12,5 cents. De la sorte, une usine travaillant 5000 boisseaux de grain par jour, réalise une économie quotidienne de 480 dollars.

Ces faits constituent donc un net avantage en faveur des amylases fongiques.

* * *

Qu'il nous soit permis, en terminant, de signaler que les amylases fongiques font actuellement l'objet d'un travail de recherche au laboratoire de Microbiologie de l'Institut Agronomique de Gembloux.

BIBLIOGRAPHIE

1. S. L. ADAMS, B. BALANKURA, A. A. ANDREASEN, W. H. STARK : *Ind. Eng. Chem.*, 39, 12, 1615, 1947.
2. A. N. BINDAL, M. SREENIVASAYA : Rés. dans *R. A. M.*, 24, 6, 240, 1945.
3. I. A. EFFRONT : *Ch. et Ind.*, 43, 1, 3, 1940.
4. N. M. ERB, F. M. HILDEBRANDT : *Ind. Eng. Chem.*, 38, 8, 792, 1946.
5. N. M. ERB, R. T. WISTHOFF, W. L. JACOBS : *J. Bact.*, 55, 6, 813, 1948.
6. A. ERCOLI, C. RAVAZZONI : *Chem. Zentr.*, 1942, I, 1398.
7. J. FISHER : *Chem. Zentr.*, 1942, II, 2805.
8. G. L. FUNKE : Rés. dans *R. A. M.*, 2, 23, 1923.
9. — — : *Rec. Trav. Bot. Neerl.*, XIX, 219, 1922.
10. L. C. HAO, E. I. FULMER, L. A. UNDERKOFLER : *Ind. Eng. Chem.*, 35, 7, 814, 1943.

11. L. C. Hao, J. A. Jump : *Ind. Eng. Chem.*, 37, 6, 521, 1945.
12. L. L. Harter : *Journ. Agric. Res.*, XX, 10, 761, 1921.
13. — — : *ibid.*, XXX, 10, 961, 1925.
14. F. M. Hildebrandt : *Adv. in Enz.*, Vol. 7, 591, 1947.
15. L. J. Klotz : Rés. dans *Phytopath.*, XIX, 12, 1144, 1929.
16. E. H. Le Mense, J. Corman, J. M. van Lanen, A. F. Langlykke : *Journ. Bact.*, 54, 2, 149, 1947.
17. E. H. Le Mense, V. E. Sohns, J. Corman, R. H. Blom, J. M. Van Lanen, A. F. Langlykke : *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1, 100, 1949.
18. H. Léopold, M. P. Starbanow : *Biochem. Z.*, 314, 3-4, 232, 1943.
19. M. Roberts, S. Laufer, E. D. Stewart, L. T. Saletan : *Ind. Eng. Chem.*, 36, 9, 811, 1944.
20. L. Schoene, E. I. Fulmer, L. A. Underkofler : *Ind. Eng. Chem.*, 32, 4, 544, 1940.
21. L. A. Underkofler, E. I. Fulmer, L. Schoene : *Ind. Eng. Chem.*, 31, 6, 734, 1939.
22. L. A. Underkofler, G. M. Severson, K. J. Goering : *Ind. Eng. Chem.*, 38, 10, 980, 1946.

Les plus anciens cultivateurs de Belgique : les Omaliens

par

H. Angelroth,
Ingénieur forestier A. I. Gx.

L'apparition de l'Homme sur la terre remonte à 5 ou 600.000 ans, c'est-à-dire au commencement de l'Ère quaternaire. Pendant un temps très long, correspondant dans nos régions à la formation des terrains pléistocènes et à la partie inférieure de la couche holocène, l'Homme ignora les métaux : la Pierre fut la matière principale, mais non unique, de son outillage et de son armement.

Les plus anciens cultivateurs de Belgique ont vécu pendant les temps préhistoriques, c'est-à-dire pendant l'Age de la Pierre. Celui-ci est divisé en trois périodes principales qui sont, citées en suivant l'ordre chronologique : le Paléolithique (caractérisé par l'usage de la pierre simplement taillée), le Mésolithique (transitoire entre les deux autres) et le Néolithique (caractérisé par le polissage de certains outils de pierre).

Chacune de ces périodes est subdivisée en différentes époques, correspondant à un stade bien déterminé de l'industrie lithique. Chaque époque a reçu un nom tiré d'un lieu où des vestiges de l'industrie qui la caractérise furent découverts en abondance.

Depuis 1907, le terme Omalien, dérivant d'Omal, nom d'un village de la Hesbaye liégeoise, désigne le stade industriel spécial de nos cultivateurs les plus primitifs.

L'époque omalienne est relativement peu éloignée des temps actuels ; à son début, le Paléolithique et le Mésolithique sont écoulés, les périodes glaciaires ont terminé leur cycle, le climat est redevenu tempéré, la faune et la flore sont sensiblement les mêmes qu'aujourd'hui.

L'Homme, anatomiquement et intellectuellement semblable à nous, a cessé d'être troglodyte : l'élévation de la température lui a permis de quitter les grottes et les cavernes où il s'était blotti, pendant d'interminables millénaires, pour échapper aux frimas.

En Belgique, le Néolithique est divisé en trois époques principales : l'Omalien, le Campignien (tiré de Campigny-France) et le Robenhausien (tiré de Robenhausen-Suisse).

L'industrie du Campignien, bien représentée à l'est de la Meuse, dans les environs d'Aubel, est grossière : ébauches d'outils, pierres de jet, pics et tranchets sont taillés à grands éclats, d'une manière rudimentaire. Elle contraste avec celle du Robenhausien, répandue sur presque tout le sol belge et dont les haches polies, les ciseaux, les pointes de flèche de toutes formes, les perçoirs, les grattoirs, etc. sont plus délicatement travaillés.

En Belgique, les premiers vestiges de l'industrie omalienne furent découverts, en 1888, à Latinne, par Davin-Rigot et Cyprien Galand ; depuis, elle a fort bien été étudiée par MM. De Puydt, l'un des inventeurs des Hommes de Spy, Hamal-Nandrin, professeur d'archéologie préhistorique à l'Université de Liège, Servais, conservateur du Musée Curtius, etc.

Le faciès omalien est étroitement cantonné en Hesbaye liégeoise, dans un quadrilatère irrégulier, limité par la Meuse, la Mehaigne et le Geer ; cependant, au nord de ce cours d'eau, quelques stations existaient à Bassenge et Wonck.

Entre les deux rivières et le fleuve, à Omal, Les Waleffes, Tourinne, Latinne, Oudoumont, Dommartin, Jeneffe, Anixhe, Tilice, Xhendremael, etc., les traces des Omaliens sont très abondantes : à lui seul, le professeur Hamal-Nandrin a fouillé plus de 500 fonds de cabanes ou d'emplacements d'ateliers de la taille du silex.

Les Omaliens étaient cultivateurs, potiers et probablement tisserands (1). Sur les plateaux hesbayens, plus fertiles que le flanc des vallées, ils ont habité des huttes ou cabanes, agglomérées en véritables villages. Actuellement, les emplacements de leurs habitations sont recouverts d'une couche de terre, de 15 à 20 cm. de profondeur, stérile au point de vue archéologique ; ils ont une surface, circulaire ou ovale, de quelques mètres carrés et sont profonds d'environ un mètre. Ils sont remplis d'une terre dont la teinte, noire ou grise, tranche sur la couleur jaunâtre du sol ordinaire.

Les Omaliens se creusaient une cuvette, l'entouraient de pieux (dont on n'a trouvé aucune trace en Belgique), reliés par des clayonnages et recouvraient le tout d'une toiture de branches ou de peaux assemblées.

Dans les fonds de cabane, aucune trace de faune n'a été découverte ; le sol de la région ne se prêtant pas à la conservation des

---

(1) Quatre fragments de poterie omalienne, provenant de Jeneffe, portent des empreintes vraisemblablement dues à l'application, sur la pâte crue, d'un tissu grossier, du genre reps.

(Avis de M. G. Lelarge, professeur à l'École supérieure des Textiles à Verviers).

ossements. Seul un emplacement préservé par des conditions spéciales et découvert en 1907, lors de travaux Place St-Lambert à Liège, à 4 m. 30 de profondeur sous le pavement, a donné des restes de cerf, de bœuf, de sanglier, de poissons et d'oiseaux. On y a également trouvé deux objets d'un intérêt spécial, seuls représentants de l'industrie osseuse omalienne : un peigne en os, de 7 cm., pourvu de quatre dents à l'une de ses extrémités et un casse-tête (?) perforé en bois de cerf malheureusement incomplet, mesurant encore 16 cm.

Actuellement, rien ne permet de conclure que les Omaliens connaissaient la domestication des animaux.

Les fonds d'habitations omaliennes renferment principalement des traces de foyer, des outils de pierre, des déchets de taille, des fragments de poterie et des morceaux d'oligiste qui servaient de matière colorante, après broyage. La principale matière première de l'outillage est un silex gris bleu, contenu en abondance dans le Crétacé, qui forme le sous-sol du nord de la Province de Liège et qui affleure en maints endroits. Les Omaliens utilisaient également d'autres roches de provenance locale (grès, arkose, psammite, phtanite) et des roches éruptives se rencontrant dans l'Eifel (téphrite, trachyte, basalte).

Une particularité curieuse de la technique industrielle des Omaliens doit être signalée : ils ne polissaient pas le silex mais d'autres roches ; tous leurs outils polis sont en phtanite, basalte, etc.

Les Omaliens débitaient le silex par percussion : des coups portés sur un rognon siliceux (nucléus ou bloc matrice), avec un dur caillou (marteau ou percuteur) en détachaient des éclats minces et allongés : des lames, dont la longueur dépasse rarement 10 à 12 cm. Le plan de frappe devenait-il défectueux ? Un coup de percuteur, donné perpendiculairement à l'axe longitudinal du nucléus, en formait un nouveau, par l'enlèvement d'un fragment transversal nommé tablette.

Le plus grand nombre des outils omaliens proviennent de lames qui, par des retouches appropriées, étaient transformées en grattoirs, perçoirs, éléments de faucilles, rares racloirs et pointes triangulaires, de 2 à 4 cm. de long, dont certaines sont des armatures de flèche et d'autres des barbelures de harpon.

Les outils polis ne sont jamais en silex et 85 % d'entre eux sont en roches éruptives étrangères. Ils diffèrent beaucoup des haches polies robenhausiennes : celles-ci ont deux faces bombées et un tranchant droit ou courbe ; la coupe transversale des objets polis omaliens montre qu'une face plate est opposée à une face bombée, tandis que leur coupe longitudinale indique qu'elles se terminent

en biseau à l'une des extrémités. Ces outils, généralement plus petits que les véritables haches, mesurent en moyenne de 5 à 8 cm. ; ils sont nommés lissoirs ou herminettes et il est probable qu'ils servaient à polir les poteries.

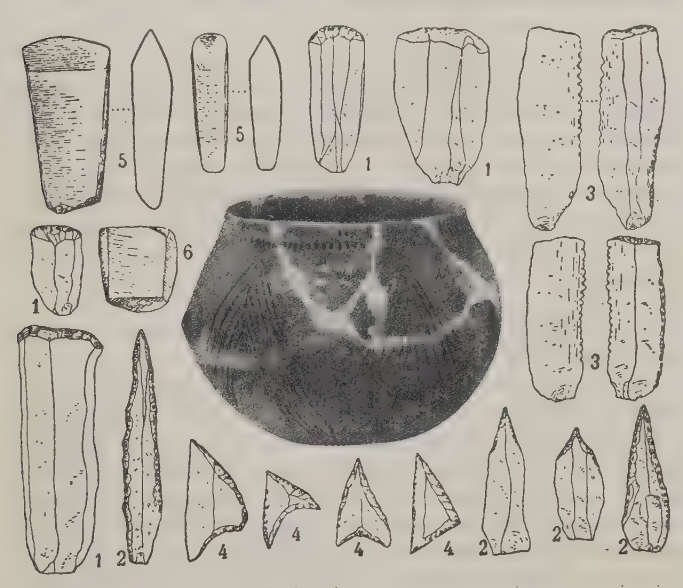
L'outillage omalien est complété par des molettes, des meules pour le broyage des grains, par des polissoirs rendus concaves par l'usage. Enfin, il existe quelques rares pièces perforées.

Dans les villages omaliens, certains emplacements ont été réservés à la taille du silex ; on y découvre en abondance des nucléi, des tablettes, des percuteurs, des lames non retouchées et des déchets ; les outils terminés et les fragments de poterie y sont très rares.

Bref, l'outillage lithique omalien est homogène et peu varié ; il est caractérisé par :

1) la présence de lames de faucilles, de lissoirs polis en roches autres que le silex, de pointes de flèche d'un type spécial.

2) par l'absence de pièces des autres phases du Néolithique : pics, tranchets, pierres de jet, haches polies en silex, ciseaux, pointes de flèches pédonculées, etc.



Collection du Professeur J. Hamal-Nandrin (Échelle : 1/2). 1. grattoirs 2. perçoirs 3. lames de faucilles 4. pointes de flèches (?) barbelures de harpons (?) 5. lissoirs (?) ou herminettes (?) 6. matière colorante : oligiste. Au centre, poterie à fond bombé, en pâte fine, avec dessins en creux.

Dans tous les fonds de cabane omaliens se rencontrent deux sortes de fragments de poterie ; les uns sont en pâte grossière, sans ornements, les autres sont en pâte plus fine, très souvent noire et presque toujours ornés de dessins en creux et plus rarement en relief.

Plusieurs vases ont pu être reconstitués ; ils sont tous à fond sphérique, en forme de bombe (1) ; ils mesurent ordinairement 5 à 9 cm. de haut, leur ouverture est large et un peu plus étroite que le grand diamètre qui est de 7 à 12 cm. Les vases pourvus d'un col sont extrêmement rares.

Les Omaliens ne connaissaient pas la véritable anse, remplacée par des mamelons de différentes formes dont quelques uns sont perforés pour la suspension ; celle-ci est parfois assurée par des protubérances cordiformes simples ou doubles.

L'ornementation de la céramique omalienne révèle un bon goût prononcé en même temps qu'une connaissance de la symétrie et des formes géométriques. La décoration était faite sur l'argile non cuite à l'aide de pointes de silex ou d'os voire même simplement au doigt ou à l'ongle. Elle « *consiste en une série de points,* » *de lignes droites ou de lignes courbes, de traits croisés, de lignes* » *et de points, formant des chevrons, des méandres, des spirales, des* » *carrés, des cercles, etc...* » (2).

Les poteries omaliennes, qui étaient cuites au feu de bois, sont vraisemblablement les vestiges les plus anciens de l'industrie céramique enfouis dans le sol belge. Cependant, elles sont plus parfaites que celles, plus récentes, de l'époque robenhausienne. Le même fait, assez déconcertant, a été constaté en Suisse, à Auvernier, par M. P. Vouga qui, en fouillant l'emplacement d'une cité lacustre, a rencontré quatre couches néolithiques stratifiées et a constaté que la céramique du niveau inférieur était de qualité meilleure que celle des autres.

Il est temps de prouver que les Omaliens connaissaient la culture des céréales.

Dans les fonds de hutte, de nombreux fragments de meules en grès ont été découverts ainsi que des éléments de faucilles.

Ces éléments sont des lames de silex, de 6 à 8 cm. possédant un bord dentelé, destiné à couper les tiges. Plusieurs de ces lames, disposées l'une à la suite de l'autre, dans une armature de bois ou de corne, plus ou moins courbe, formaient un véritable tranchant de faucille. L'existence de cet antique instrument est prouvée par la découverte, en Égypte, d'armatures de bois avec lames de

---

(1) Deux tessons de vase à fond plat ont cependant été découverts à Jeneffe.

(2) Bibliographie n° 13.

silex ; la putréfaction de la matière ligneuse n'a pu s'opérer dans certains sables très secs.

La partie active, du bord dentelé des lames, est polie par son frottement sur les chaumes ; ce lustre, très caractéristique, résiste à l'action d'une chaleur intense : nous avons trouvé dans un fond de cabane, à Anixhe, une lame dentelée très détériorée par le feu et dont une partie du bord est restée brillante et comme vernie.

La lame de faucille est très typique, c'est probablement la pièce lithique la plus curieuse léguée par les Omaliens.

La découverte de meules et de ces lames ne constitue qu'une présomption — et non une preuve — de la culture des céréales ; celle-ci est démontrée irréfutablement par d'autres faits.

En 1905, il fut constaté que des tessons de grossière poterie, découverts à Latinne, portaient des empreintes de grains qui furent identifiés comme appartenant à l'espèce *Triticum dicoccum.*

Trois ans plus tard, en 1908, MM. De Puydt, Hamal-Nandrin et Servais recueillirent dans un fond de cabane, à Jeneffe, des morceaux d'argile ayant subi l'action du feu. Ils contenaient une grande quantité de résidus de battage d'épis, glumes et glumelles.

« *Ces objets se présentaient soit à l'état d'empreintes, soit à l'état* » *carbonisé selon le degré de cuisson de l'argile. L'étude attentive* » *de ces débris prouve qu'ils proviennent d'un froment de la catégorie* » *dite des blés vêtus, catégorie qu'on désigne parfois sous le terme* » *Épeautre, bien que ce nom soit en réalité celui d'une espèce seulement* » *de ce groupe... Outre les balles, je n'ai pu trouver dans l'argile* » *de Jeneffe que de très rares grains de froment carbonisés, mesurant* » 6 *millimètres environ de longueur* » (1).

Si quelques doutes pouvaient encore subsister, quant à la réalité de la culture des céréales par les Omaliens, ils furent définitivement levés par une importante découverte réalisée, en 1909, à Oudoumont (Verlaine). Les trois préhistoriens liégeois, déjà cités, eurent l'heureuse surprise, lors de la fouille de l'emplacement d'une habitation omalienne, de trouver une argile grise, très riche en sable, pulvérulente lorsqu'elle est sèche, contenant trois ou quatre grains par centimètre cube. Ces grains de froment, débarrassés de toute impureté, prêts à être moulus, avaient été probablement renfermés dans des vases qui ont été brisés.

---

(1) Rapport du professeur Gravis de l'Université de Liège.

« Ces grains sont assez solides ... Leur couleur est noire à l'état
» humide ; à l'état sec, ils paraissent gris à cause de la poussière qui
» les recouvre. Leur longueur moyenne est de 6 *millimètres environ.*
» Déposés dans une solution aqueuse de potasse caustique à 10 %,
» ils colorent le liquide en brun. Quelques heures suffisent pour obtenir
» une coloration brune très foncée... L'existence de composés ulmiques
» solubles dans la potasse, la couleur de l'argile et sa consistance très
» friable me font admettre que le froment d'Oudoumont n'a pas été
» carbonisé par le feu, mais qu'il a subi une très lente altération
» analogue à celle que le bois éprouve au cours des siècles, lorsqu'il
» se transforme en lignite. On pourrait peut-être penser que les grains
» de froment d'Oudoumont proviennent du terrier d'un hamster ou
» d'un autre animal granivore. L'état du gisement, la pureté absolue
» des grains, leurs caractères physiques et chimiques doivent faire
» écarter cette hypothèse » (1).

L'étude des résidus de battage de Jeneffe et des grains d'Oudoumont permit au professeur Gravis, de l'Université de Liège, d'émettre une affirmation très précise : « *Dans une note insérée dans les » Annales du XXIème Congrès de la Fédération archéologique et » historique de Belgique* (*Liège* 1909, *Tome II, page* 871), *j'ai montré » que les habitants des cabanes néolithiques omaliennes de la Hesbaye étaient réellement agriculteurs* ».

Ce fait est également démontré par une autre constatation d'ordre général : les Omaliens appartiennent, en effet, à la grande peuplade à céramique danubienne qui a occupé, des Balkans à la Belgique, les terres à loess. Cette prédilection pour les sols fertiles serait inexplicable, si elle n'avait pas la culture pour motif.

Aucun outil lithique omalien ne peut avoir servi d'instrument aratoire. La terre était vraisemblablement préparée à l'aide de pointes de bois ou de pioches en corne : la nature du sol hesbayen n'a pas permis leur conservation.

A ce sujet, remarquons que toute une partie de l'industrie préhistorique reste inconnue ; de tout temps, l'Homme s'est servi du bois : la première arme a été le gourdin ou la massue. Les quelques rares vestiges de l'industrie du bois, parvenus jusqu'à nous, datent du Néolithique. Ils ont été découverts soit dans des sables très secs, soit dans des couches lacustres où les dépôts sédimentaires, souvent recouverts d'eau, les préservaient de l'oxydation et de la végétation ; plusieurs d'entre eux avaient subi un commencement de carbonisation qui augmentait la durée de leur

(1) Rapport du professeur GRAVIS, de l'Université de Liège.

conservation. L'usage précis de beaucoup de silex taillés restera énigmatique : seuls ou assemblés sur des manches ou des armatures de bois, ils formaient des outils inconnus. D'autre part, il existait certainement des instruments, composés exclusivement de matière ligneuse, dont toute trace a disparu.

La présence dans les fonds de cabane de nombreux lissoirs en roches éruptives, retrouvés dans l'Eifel, fait présumer que les Omaliens sont venus de l'Est, des bords du Rhin et « *avaient » emporté avec eux une bonne partie de leurs outils en pierre polie » et qu'ils en ont fabriqué relativement peu pendant leur séjour » en Hesbaye, entre autres, ceux en phtanite, roche, comme il a été » dit, n'existant pas dans l'Eifel* » (1).

MM. De Puydt, Hamal-Nandrin et Servais ont constaté la grande similitude existant entre la poterie belge omalienne et celle des fonds de cabane à céramique rubanée des bords du Rhin. L'analyse d'une poterie, trouvée en Belgique, y a décelé la présence de matières minérales volcaniques (notamment l'augite), intervenant dans la fabrication des vases des environs de Cologne ; un fragment provenant de Lindenthal (Cologne) contenait certains minéraux hesbayens (sable, quartzite et feldspath).

L'étude de nombreux fonds de cabanes néolithiques, dans toute l'Europe, a démontré l'existence d'une grande peuplade agricole d'origine danubienne, dont le point de pénétration le plus occidental est situé au Nord de Huy, où sont groupés plusieurs de ses villages dans les environs d'Omal, Tourinne, Latinne, etc.

Bergounioux et Glory divisent les Danubiens en trois groupes principaux : 1) le Balkanique (Roumanie, Bulgarie, Serbie, Transylvanie etc.) ; 2) le Central (Hongrie, Bohème, Saxe, Thuringe, Bavière, etc.) ; 3) L'Occidental (Wurtemberg, Bade, Alsace, Rhénanie, Hollande et Belgique).

Toutes les tribus danubiennes connaissaient la céramique rubanée (ornements dont les motifs sont des lignes parallèles formant des rubans qui évoluent en différentes combinaisons) ou poinçonnée (ornements dont les motifs sont formés d'un ensemble de points) ; les Danubiens belges, ou Omaliens, ont souvent heureusement combiné les rubans avec les points.

La question du Néolithique est extrêmement complexe ; dès le début de l'Age de la Pierre polie, nos régions sont envahies par différentes peuplades dont les traces sont parfois très légères et même sporadiques : Maglemosiens, arrivés du Nord avec leurs

(1) Bibliographie n° 13.

haches en bois de cerf et leurs harpons plats en os, qui se sont étendus en Belgique, en Angleterre et en Bretagne ; Erteboelliens, originaires de Scandinavie, dont on retrouve les amas coquilliers dans le Pas-de-Calais, sur les côtes anglaises, irlandaises, bretonnes et portugaises ; Campigniens qui ont laissé de lointains vestiges en Chine, Russie puis en Lithuanie, Pologne, Danemark, Belgique et France ; Omaliens venus également de l'Est.

L'industrie robenhausienne, elle-même, n'est pas homogène, celle des lacustres diffère de celle des terriens ; de plus, la taille du silex se continue pendant l'Enéolithique (ou Chalcolithique) et même pendant l'Age du Bronze.

Dans un récent article (1), nous avons attiré l'attention sur le fait que l'âge de la Pierre le plus récent est plus mal connu que le Paléolithique : deux guides sûrs, la stratigraphie et la faune, qui aident à classer les anciennes industries faisant défaut. En effet, les silex de tous les facies néolithiques se trouvent à la surface du sol ou enfouis dans la faible couche holocène récente, où ils sont rarement stratifiés et où les ossements ne se sont point conservés. Cependant, en Hesbaye liégeoise, il n'est pas rare de rencontrer, à la surface du sol, sur l'emplacement de fonds de cabanes omaliens, des fragments de haches polies et des pointes de flèches pédonculées, nettement robenhausiennes : il est donc permis de conclure que l'Omalien est plus ancien que le Robenhausien. Au dessus d'ateliers de taille campigniens des objets robenhausiens ont également été découverts (2) : le Campignien est donc également antérieur au Robenhausien.

Jusqu'à présent, les industries campignienne et omalienne n'ont pas été trouvées, en Belgique, en contact. Laquelle des deux est la plus ancienne ? Il n'est pas possible de donner une réponse certaine à cette question. Dans leur ouvrage : « Les Premiers Hommes », Bergounioux et Glory considèrent le Campignien comme plus ancien que l'Omalien-Danubien.

Les fouilles et les récoltes dans l'Holocène de la Hesbaye liégeoise permettent d'affirmer que, dans cette région, les Robenhausiens

---

(1) ANGELROTH H. : *Pointes à faciès moustérien trouvées en surface à Hastedon et à Champion* (Chronique de la Société archéologique de Namur : Namurcum, n° 1, 1948).

(2) Lors d'une fouille, exécutée le 19 juin 1949, à Fouron St-Pierre, avec le professeur HAMAL-NANDRIN et M. MÉDART, attaché à la section de Pétrographie de l'Université de Liège, nous avons découvert, à 10 ou 15 cm. de la surface du sol, une tablette et trois nucléi robenhausiens ; plus profondément au même endroit, se trouvaient de nombreux déchets de taille et des silex campigniens.

ont succédé aux Omaliens. Cependant, il n'est pas exclu que, dès l'arrivée de ceux-ci — ou pendant leur séjour entre la Mehaigne, le Geer et la Meuse — d'autres peuplades, campigniennes ou même robenhausiennes, occupaient certaines parties de la Belgique.

Pour quelles raisons les Omaliens n'ont-ils pas envahi les riches plaines du Nord de la Province de Namur et du Brabant wallon ? Dans leur région, les Omaliens trouvaient le silex en abondance ; le besoin de cette matière première ne pouvait les pousser vers les autres terrains crétacés, des environs d'Aubel à l'Est et de Mons au Sud-Ouest, déjà peut-être occupés. Tous les préhistoriens belges sont d'accord pour admettre que la population omalienne fut assez dense, ce qui est prouvé par l'abondance de ses objets mobiliers et par le grand nombre de ses fonds d'habitation, mais que son séjour en Hesbaye fut de courte durée ; son industrie, si caractéristique, n'a laissé aucune survivance chez les peuples moins anciens. Il n'y a donc pas eu fusion ; les Omaliens ont évité le contact avec les autres Néolithiques et, sous leur pression, se sont retirés vers le Nord-Est.

Peut-être les Omaliens étaient-ils contemporains des Campigniens installés à l'Est de la Meuse dans les environs d'Aubel ? Ceux-ci en passant le fleuve, près de la frontière hollandaise, et, en continuant leur marche vers l'Ouest, auraient coupé de leurs bases les Omaliens restés en liaison avec ceux des Pays-Bas et de la région de Cologne. Il est également possible que d'autres tribus, venant du Sud, inquiétaient les Omaliens qui, menacés de deux côtés, ont été contraints à la retraite.

En Belgique, aucun squelette d'homme omalien n'a été découvert. A titre documentaire, signalons que Bergounioux et Glory divisent les Danubiens en deux types : l'un dolichocéphale à forte ossature, l'autre brachycéphale à os fins et délicats.

Malgré le manque de documents anthropologiques, les études sur l'Omalien ont beaucoup contribué à augmenter les connaissances sur la période néolithique : elles ont démontré, en Belgique, l'existence d'une peuplade bien organisée, connaissant la culture des céréales, possédant une belle industrie céramique et une industrie lithique spéciale.

Le Néolithique marque une grande étape de l'évolution humaine. Les Hommes ont cessé d'être les sauvages troglodytes, ne vivant que de chasse et de pêche. Ils se groupent en tribus puissamment organisées où règne une discipline remarquable qui permet l'exécution d'importants travaux : fortifications autour de vastes camps (Hastedon à Namur), exploitation intensive du silex à

l'aide de puits de mine profonds et de galeries (Spiennes près de Mons), érection de dolmens, d'alignements de menhirs (Karnac en Bretagne) dont la cause reste énigmatique, construction de nombreuses cités lacustres sur pilotis (383 en Suisse à Zurich, Neuchâtel, etc.).

Les préhistoriens liégeois ont été les premiers à étudier la civilisation omalienne-danubienne : ils ont commencé leurs travaux dès 1888, il y a donc plus de 60 ans. Les fouilles exécutées à l'étranger, notamment en Europe centrale, en Alsace, en Rhénanie et en Hollande, ont démontré toute l'importance de la peuplade agricole à céramique danubienne et confirmé les conclusions des savants liégeois qui avaient été poussées aussi loin que possible.

En Belgique, les recherches dans les fonds de cabane omaliens ne sont pas terminées : malgré son âge vénérable, le professeur Hamal-Nandrin les poursuit encore activement ainsi que d'autres chercheurs, formés à l'École d'Archéologie préhistorique de l'Université de Liège.

Cet article a été écrit pour des Ingénieurs agronomes, c'est-à-dire pour des hommes d'action, pour des réalisateurs qui, ordinairement, ont autre chose à faire que d'étudier les anciennes civilisations humaines. Ils contribuent efficacement à satisfaire les besoins primordiaux de l'Humanité, ce qui est beaucoup mieux.

La Préhistoire ne présente aucun intérêt pratique ; cependant, si tous les hommes se bornaient à acquérir les seules connaissances utiles — au sens propre du mot —, ils aboutiraient rapidement à une sorte de matérialisme industrialisé qui serait le signe certain d'une prompte décadence.

La haute culture que mes collègues ont reçue dans notre vieil Institut de Gembloux leur permet d'apprécier tout l'intérêt des études des préhistoriens qui, peu à peu, soulèvent le voile épais qui cache les premiers pas de l'Humanité dans la voie du progrès.

J'ai tenté la description rapide d'une époque (en vérité peu éloignée de nous par rapport à l'énorme durée des temps préhistoriques) qui marque l'apparition de l'Agriculture en Belgique. J'espère avoir montré que les problèmes soulevés par l'Archéologie sont souvent ardus, délicats et que leur résolution demande de patients travaux où intervient la technique des sciences modernes.

Je termine en remerciant le Professeur Hamal-Nandrin qui m'a autorisé à reproduire des dessins de pièces de sa collection pour illustrer cet article.

Je remercie également Melle Hélène Danthine, titulaire de la chaire d'Archéologie préhistorique à l'Université de Liège, qui a bien voulu me donner son avis sur certains points.

Des séries de poteries et de silex omaliens sont visibles, notamment au Musée Curtius à Liège et aux Musées d'Art et d'Histoire du Cinquantenaire, à Bruxelles.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANGELROTH H. : *Contribution de la Wallonie à la Préhistoire.* Delwarde, Enghien, 1932.
2. BERGOUNIOUX F. M. ET GLORY A. : *Les premiers Hommes.* Didier, Toulouse et Paris, 1944.
3. DANTHINE H. (Melle) : *Voies et causes des migrations omaliennes.* Communication au Congrès international des Sciences anthropologiques et ethnologiques, Bruxelles, 1948.
4. DE LOË A. : *La Belgique ancienne. Les âges de la Pierre.* Vromant, Bruxelles, 1928.
5. DESTEXHE — JAMOTTE J. : *Contribution à l'étude du Néolithique de la Hesbave liégeoise.* Bulletin de la Société royale, Les Chercheurs de la Wallonie, 1949.
6. DE PUYDT M. : *Fonds de cabanes néolithiques de la Hesbaye.* Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, 1907.
8. DE PUYDT M. : *Le fond de cabane néolithique découvert à Liège sous la Place Saint-Lambert.* Annales du Congrès pour l'avancement des sciences, Liège, 1909.
9. GLORY A. : *A la découverte des Hommes préhistoriques.* Éditions Alsatia, Paris, 1944.
10. HAMAL-NANDRIN J. ET SERVAIS J. : *Les principaux gisements et stations préhistoriques des environs de Liège.* Thone, Liège, 1924.
11. HAMAL-NANDRIN J. ET SERVAIS J. : *Le Nucléus et ses différentes transformations.* Bulletin de la Société préhistorique française, 1929.
12. HAMAL-NANDRIN J. ET SERVAIS J. : *Instruments à section triangulaire ou quadrangulaire dont une ou deux faces sont retouchées.* Bulletin de la Société préhistorique française, 1928.
13. HAMAL-NANDRIN J., SERVAIS J. ET LOUIS M. (Melle) : *L'Omalien.* Bulletin de la Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire, 1936.
14. LOUIS M. (Mme GILBERT) : *Les villages omaliens de la Hesbaye.* Annales du Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique de Bruxelles, 1935.
15. OPHOVEN C. (Mme) : *Quarante années de Préhistoire du Professeur Hamal-Nandrin.* Bénard, Liège, 1943.
16. OPHOVEN C. (Mme) et HAMAL-NANDRIN J. : *Le couteau à l'âge de la Pierre.* Liège, 1949.
17. SACCASYN DELLA SANTA E. (Mme) : *La Belgique préhistorique.* Lebègue et Cie, Bruxelles, 1946.
18. SERVAIS J. ET HAMAL-NANDRIN J. : *Musée archéologique liégeois — Section préhistorique — Catalogue sommaire.* Liège, 1929.

La pomme de terre fourragère. Sa fumure ; sa conservation ; son utilisation ; sa valeur économique

par

Léon Nys,
Ingénieur des Industries agricoles Gx.,
Assistant à la Station de Recherches de l'État pour l'Amélioration de la Pomme de terre, à Libramont.

Chapitre I. INTÉRÊT DE LA CULTURE DE LA POMME DE TERRE FOURRAGÈRE

L'accroissement de la production animale avec du fourrage produit autant que possible chez soi reste, pour le cultivateur progressiste, le chemin tout indiqué. A ce point de vue, la pomme de terre fourragère se justifie pleinement, plus encore peut-être dans les exploitations d'importance petite ou moyenne que dans les exploitations plus vastes. On est d'ailleurs d'autant plus amené à utiliser la pomme de terre dans l'alimentation du bétail que la nature du sol convient à cette culture en grand et que les prix réalisables à la vente des tubercules sont bas.

Actuellement hélas, c'est presqu'uniquement de ce prix de vente réalisable que dépend la rentabilité de cette culture, rentabilité qui peut dans certaines conjonctures économiques s'amenuiser au point d'acculer le cultivateur à renoncer à cette spéculation. L'état de ses terres et leur rendement ne peuvent que s'en ressentir gravement, car il se prive ainsi d'une tête de rotation de toute première valeur.

Nous sommes donc persuadé que la seule solution qui s'impose est l'utilisation plus importante et plus rationnelle des tubercules dans l'alimentation du bétail : destination avantageuse et parfaitement rentable, surtout depuis que les moyens de conservation existent qui garantissent une durabilité et un minimum de pertes. Ce n'est d'ailleurs pas la seule façon de valoriser la culture de la pomme de terre : l'utilisation des fanes en est une autre (*).

Indépendamment du fait que la pomme de terre constitue une

(*) Annales de Gembloux, 3me Trimestre 1949.

tête de rotation de grande valeur, cette culture possède de nombreux avantages sur lesquels il sied tout particulièrement d'insister.

Ce qui importe dans l'alimentation animale, puisqu'il s'agit de fourrage, c'est la valeur nutritive du produit considéré et le prix de revient de l'unité de matière sèche qui dépend, pour les aliments produits à la ferme, des frais culturaux et du rendement de matière sèche à l'Ha.

Or, la pomme de terre produit énormément de matière sèche à l'Ha à un prix de revient extrêmement bas ; les chiffres que l'on peut citer à ce sujet peuvent sans grandes modifications s'appliquer à n'importe quelle région du pays du fait que cette culture est la seule qui donne dans des terres légères et relativement pauvres des rendements comparables à ceux d'une terre bien plus riche.

Les chiffres suivants ont été obtenus dans une ferme de la région hesbignonne liégeoise à rendements élevés d'escourgeon : le prix de revient de 1 kg de matière sèche d'escourgeon est de 3,87 fr, considérant une production moyenne de 37 Qx à l'Ha, les frais, culturaux se montant à 12.135 fr. Le prix de revient de 1 kg de matière sèche de pommes de terre est de 2,14 fr, considérant une production à l'Ha de 35.000 kg de tubercules (*Bintje*), les frais culturaux se montant à 24.000 fr. Notons, concernant ces frais, que les façons culturales pour une valeur de 3 à 4.000 fr profitent de fait aux cultures suivantes. Ce qui signifie que la matière sèche de l'escourgeon coûtant 100, celle de la pomme de terre coûte 55,3, soit seulement un peu plus de la moitié.

Un autre avantage de la culture de la pomme de terre fourragère réside dans le fait incontestable que celle-ci produit également plus d'U. F. (unités fourragères) par unité de surface : d'où possibilité considérablement accrue d'élevage et d'engraissement sur une même étendue de terre. Si l'on admet que pour augmenter son poids vif de 100 kg, le porc consomme en plus de concentrés albumineux 360 kg de céréales, 1 Ha d'escourgeon produisant 37 Qx permettra l'engraissement de 10,3 porcs. Pour une même augmentation de poids, le porc consommera 1.400 kg de tubercules ; un Ha de pommes de terre produisant 35 T./Ha permettra l'engraissement de 25 porcs. En conséquence, 1 Ha de pomme de terre permettra l'engraissement de 2,5 fois plus de porcs que 1 Ha d'escourgeon.

Chapitre II. FACTEURS DE PRODUCTION ET FUMURE

§ 1. Teneur en matière sèche.

La teneur en matière sèche est avant tout un caractère variétal ; elle subit également l'influence de la nature du sol et, dans une mesure beaucoup moindre, l'influence de la fumure.

A. *Caractère variétal* : Dans les essais comparatifs organisés en Hesbaye liégeoise par la Station d'Orgeo, certaines variétés se sont signalées par leur haute teneur en matière sèche. Citons : *Rubingold* (27,6 %), *Aquila* (27,3 %), *Eigenheimer* (26 %), *Libertas* (28,6 %), *Noordeling* (28,9 %), *Ostbode* (28,2 %), *Ultimus* (27,4 %), *Voran* (27,1 %), *Wilpo* (27,5 %). Les Hollandais préconisent surtout la *Voran*, variété tardive dont la superficie aux Pays-Bas a doublé ces sept dernières années. Les variétés mi-hâtives *Record* et *Ultimus*, retiennent également leur attention : *Record* fournit de gros tubercules se laissant facilement arracher ; par contre, *Ultimus* est en général moins apprécié des agriculteurs vu sa récolte extrêmement difficile. *Gloria*, excellente variété qui se distingue par de hauts rendements, voit son extension réduite du fait de sa maturité tardive. *Triumph* est également de plus en plus abandonné vu son rendement médiocre et sa basse teneur en fécule.

Dans notre pays, en attendant des données plus précises de nos essais futurs, nous préconisons surtout la *Voran*, variété immune à la Galle verruqueuse, à maturité tardive (130-150 jours de végétation), et à productivité élevée. Cette variété produit bien en tous terrains et réagit favorablement aux fortes fumures.

Ne perdons cependant pas de vue que, en fin de compte, c'est le rendement de matière sèche à l'Ha qui seul importe.

B. *Nature du sol* : Considérons les teneurs moyennes en matière sèche observées à Orgeo (Lux.) et à Juprelle (Liège) :

	Orgeo	Juprelle	Différence
Variétés mi-hâtives :			
Eigenheimer	24,7	26	+ 1,3
H. 44	24,6	27,8	+ 3,2
Z. P. C. 40/405	22,5	24,6	+ 2,1
Mittelfrühe	23,6	26,4	+ 2,8
Sneeuw S. 56	22,5	25,6	+ 3,5
Teneurs moyennes :	23,5	26,1	
	100	110	
Variétés tardives :			
Draga	24,7	28,6	+ 3,9
Bojar	26,9	28,6	+ 1,7
Rubingold	24,5	27,6	+ 3,1
Voran	23	27,1	+ 4,1
H. 90	21,1	26,5	+ 5,4
Ackersegen	21,6	24,4	+ 2,8
Teneurs moyennes :	23,6	27,1	
	100	115	

Nous constatons que la nature du sol joue un rôle relativement important quant à la teneur en matière sèche des tubercules : teneur plus élevée dans la terre limoneuse et bien travaillée de Juprelle que dans les terres plus sablonneuses d'Orgeo. Cette amélioration de teneur est plus manifeste encore auprès de variétés tardives (+ 15 % au lieu de + 10 %).

C. *Fumure* : La fumure organique, réalisée par une importante quantité de fumier de ferme (20-30 T./Ha), sera d'autant plus précieuse que le sol est lourd et compact ; elle est également d'autant plus tardive que le sol est léger, ceci afin d'éviter tout lessivage de l'azote. Dans les terres légères et sèches, le fumier est avantageusement remplacé par des engrais verts (1). Les variétés hâtives réclament la fumure organique quelques semaines avant la plantation.

Le fumier bien décomposé ne s'impose pas ici comme dans le cas de tubercules destinés à la consommation humaine : un fumier « non fait » nuit en effet au goût et à la teneur en fécule. Une réduction de teneur en fécule chez les variétés fourragères n'est aucunement en rapport avec l'important surplus de rendement que donne le fumier de ferme. La fumure organique (2) peut être remplacée jusqu'à un certain point par des engrais minéraux azotés, pour des raisons bactériologiques, mais elle ne doit jamais être supprimée complètement. La dose d'azote dans le fumier étant insuffisante, des apports supplémentaires sont obligatoires. Dans les sols légèrement acides ou légèrement alcalins, tous les engrais azotés conviennent (1) : il s'agit donc de choisir le moins cher. Dans les sols acides, les nitrates ou la cyanamide sont préférables ; dans les sols alcalins (sursaturés de calcium), le nitrate d'ammonium convient le mieux. La dose d'azote appliquée sous forme de fumure minérale est de 20-80 kg/Ha.

Les engrais phosphatés compensent les doses excessives d'azote et de potasse et s'appliquent à raison de 30-60 kg/Ha de P_2O_5. Le super convient surtout aux sols pauvres en phosphore et aux sols alcalins ; les scories sont d'autant mieux en place que le sol est riche et acide. La quantité de potasse contenue dans une bonne application de fumier de ferme (25 T.) est suffisante si la quantité de tubercules est inférieure à 24 T./Ha. L'engrais qui, pour les variétés industrielles, s'est révélé le plus efficace par son action sur la teneur en fécule est le « Patentkali » à 28 % de K_2O sous forme de sulfate et contenant également du sulfate de Magnésie (la pomme de terre répond très favorablement à Mg) (3) ; pour la pomme de terre alimentaire, on choisirait de préférence un engrais à 40-50 %. Les engrais potassiques doivent être enfouis d'autant plus tôt que

la période de végétation de la variété est plus courte, que la quantité d'engrais employée est plus grande et que le sel appliqué est moins pur. Si l'on applique la potasse sous forme de chlorure, ne pas perdre de vue qu'une forte dose de chlore est nuisible si elle n'est accompagnée d'une grande quantité d'azote (4).

Quoique la pomme de terre réussisse dans des sols très acides, cette culture est malgré tout impossible si le calcium fait par trop défaut. Le calcium est d'abord utilisé comme aliment par la plante, et l'augmentation du taux de calcium dans les tiges et les feuilles est accompagnée d'une augmentation moindre mais appréciable d'acide phosphorique ; le carbonate de chaux rend en effet plus accessibles les phosphates du sol. Nous constaterons d'ailleurs plus loin que l'engrais qui a le plus d'influence sur le rendement en présence de Ca est le phosphate (5). D'après VINCENT (6), la tubérisation et le développement de la plante semblent liés à la teneur en CaO assimilable du sol : il faudrait au moins 2 ‰ de CaO soluble.

NEYE (1), de son côté, a de plus constaté qu'en cas d'excès d'acidité, $\check{N}$ et K_2O ne sont pas suffisamment utilisés et qu'ainsi le terrain est propice aux virus. L'apparition de gale par excès de chaux est plus forte en sol sableux et en période sèche.

Nous avons étudié l'influence de la fumure sur la teneur des tubercules en matière sèche de la façon suivante : application, à trois endroits différents (Ottignies, Offagne, Florenville), de différentes formules d'engrais à prédominances variables (*). Les engrais utilisés ont été les suivants : Nitrate d'ammonium à 20,5 % d'azote mi-nitrique, mi-ammoniacal ; Ucephos à 38-42 % de P_2O_5 soluble dans citrate (bicalcique) ; Chlorure de potasse à 40 % de K_2O.

Chaque parcelle a reçu 10 kg d'engrais par are. Les formules $N/P_2O_5/K_2O$ étaient les suivantes :

— engrais complet	:	6/7/7
— Prédominance N	:	13/3/4
— Prédominance K	:	3/3/14
— Prédominance P	:	3/13/4
— Prédominance N-K	:	8/3/9
— Prédominance K-P	:	3/8/9
— Prédominance N-P	:	8/8/4

Parcelle témoin sans engrais chimiques.

(*) Essais réalisés en 1947 par l'Union Chimique Belge. Déterminations analytiques effectuées par nous.

Quatre répétitions.

Aucune conclusion n'a pu être tirée des résultats obtenus du fait que les erreurs expérimentales dues aux différentes fertilités des parcelles de répétition étaient plus importantes que les variations de teneurs susceptibles d'être provoquées. Du point de vue quantitatif, la fumure joue donc un rôle pour ainsi dire nul.

Du point de vue qualitatif, il a été souvent constaté que la potasse produisait une dépression de matière sèche plus évidente encore lorsque appliquée sous forme de chlorure que sous forme de sulfate. Ce phénomène s'expliquerait par le fait que les tubercules essaient de compenser la concentration en chlore en absorbant plus d'eau ; l'énergie utilisée pour cette absorption manque ainsi pour la formation d'amidon à partir des sucres. Notons également, à titre documentaire, que les racines absorbant plus d'ions chlore que d'ions sulfate, l'acidité laissée dans le sol est plus élevée avec les sulfates potassiques.

Nous pouvons donc dire, pour nous résumer, que la teneur en matière sèche pour une région, ou plus exactement pour un sol donné, dépend de la variété utilisée.

§ 2. Rendement.

C'est ce facteur qui décide de l'intérêt ou non d'une variété de pomme de terre au point de vue fourrager.

Le facteur rendement est variétal et dépend dans une très forte proportion de la nature du sol et des amendements appliqués.

A. *Caractère variétal :* Certaines variétés à teneur remarquable en matière sèche perdent tout leur intérêt du fait de leur rendement plus que quelconque.

Dans nos essais comparatifs de variétés de pommes de terre fourragères, nous avons constaté les faits suivants :

— des variétés à teneur en M. S. équivalentes se différenciaient nettement quant à la production de M. S. à l'Ha :

Ultimus :	27,4%	8.603 kg de M. S.	16me place dans l'essai.
Voran :	27,1%	9.105 kg id.	11me id.

— des variétés à teneur en M. S. presque quelconque l'emportaient sur d'autres cependant plus riches :

Sneeuw :	25,6%	9.861 kg de M. S.	2me place.
Libertas :	28,6%	8.374 kg	19me place.
Noordeling :	28,9%	6.760 kg	25me place.

Le rendement est donc un caractère variétal de toute première importance. Voici, d'après leur production de M. S./Ha, les 11 premières variétés retenues dans nos essais de Juprelle :

Rubingold	*Ostbote*	*H. 144*
Sneeuw	*Mulder R. 44*	*Loman*
Draga	*Wilpo*	*Voran*
Z. P. C. 40/405	*Eigenheimer*	

Nous ajouterons à cette liste quelques variétés ayant déjà fait leurs preuves en Hollande et dont il n'est pas exclu qu'elles donneraient toute satisfaction en nos régions : *Record, Ultimus, Matador, Gloria, Libertas.*

Toutes ces variétés seront étudiées plus spécialement encore dans nos essais ultérieurs.

En général (7), les variétés tardives ont un rendement plus élevé que les hâtives, non parce que les parties aériennes de la plante sont moins développées, mais parce qu'il y a plus longue durée de la période de végétation pendant laquelle le système foliaire assimile au maximum. Un développement vigoureux du système foliacé dans les espèces hâtives est possible à la suite de très grandes accélérations de croissance. Des espèces à appareil foliacé exubérant n'ont en aucun cas manifesté une augmentation de rendement analogue (7).

B. *Nature du sol* : Que le sol joue un rôle important dans le caractère rendement d'une variété, c'est un fait bien connu de nos cultivateurs. C'est ainsi que les sols sableux bien aérés contenant de l'humus ainsi que les limons légers, indépendamment de leur valeur de fertilité, produisent de forts rendements. Par contre, des sols, apparemment riches, mais difficiles à travailler, mal aérés et pauvres en humus, sont tout à fait décevants à ce point de vue.

Citons quelques chiffres pour concrétiser l'ampleur des variations observables :

Rendements moyens à l'Ha :

Juprelle :	32,3 T.	Florenville :	26 T
Ottignies :	20 T.	Offagne :	37,5 T.

Ces chiffres confirment le fait que la pomme de terre est la seule culture qui puisse, dans les régions les moins privilégiées du pays, concurrencer en rendements les terres les plus riches.

C. *Fumure* : Du point de vue qualitatif, certains engrais peuvent influencer le rendement en augmentant la teneur en eau du tubercule, ce qui évidemment n'est d'aucun intérêt du point de vue

fourrager. Le fait a été constaté lors de la présence de l'ion K, la potasse retenant dans le tubercule une certaine quantité d'eau ; même constatation avec l'ion chlore, comme il a été dit précédemment. Un engrais contenant ces deux ions comme le Chlorure de potasse, à 40 % surtout, ainsi que la Kaïnite, provoque un effet spécifiquement marqué en ce sens.

TABLEAU I. — ESSAIS COMPARATIFS D'ENGRAIS.
TABLEAU DES RENDEMENTS MOYENS.

FORMULE	St-Médard	Florenv.	Ottignies	Offagne	*Moyenne*
Sans engrais	8,11 T	25,1 T	19,3 T	35,3 T	21,95 T
Préd. Azote	11,21	21,9	18,9	36,2	22,03
— Potasse	10,5	27,4	20,2	37,5	23,9
— Phosphore	12,01	28,9	21,1	37,3	24,85
— N — K.	11,3	25,4	20,4	38,5	23,9
— K — P.	11,8	27,4	20,2	37,1	24,15
— N — P.	11,2	25,4	19,9	38,9	23,85
— N — K — P.	11,55	26,5	19,8	37,7	23,9

Du point de vue quantitatif, les essais de fumure dont il fut question lors de l'étude de la matière sèche, nous ont permis de constater, sous réserve de confirmation (Tableau I), que les variations de rendements sont différentes d'après la région considérée suite aux différents états de fertilité du sol préalablement aux essais. Ainsi à St-Médard, les rendements maximum furent obtenus avec les formules à prédominance Azote-potasse et Azote. Ce qui fait supposer que le sol était plus spécialement dépourvu d'azote. Dans les autres régions, en effet, on constate pour le rendement une action spécifiquement dépressive d'un excès d'azote par rapport aux autres éléments, à ce point que les rendements après application de fumure étaient égaux sinon inférieurs à ceux obtenus dans les parcelles témoins sans fumure.

Le rendement sans fumure étant égal à 100, voici les moyennes des résultats obtenus :

TABLEAU II

Formule d'engrais	*Rendement moyen.*
Sans engrais	100
Prédominance azote	100
— N-K, K, N-P, N-K-P	109
— K-P	110
— Phosphore (P)	113,5

La conclusion importante à tirer de ces chiffres est le rôle joué par les engrais phosphatés dans la culture de la pomme de terre, rôle beaucoup plus important que celui qu'on lui attribue généralement.

Notons en passant, afin d'être complet, cette constatation personnelle faite au sujet de ces mêmes essais : les variations de rendements sont inverses de celles du taux en protéines, ce qui fait déduire qu'une certaine quantité d'azote ne peut augmenter à la fois le rendement et le taux en protéines. Et de fait, là où l'on se trouve en présence d'une terre de forte productivité (Offagne) une addition d'azote ne rompt pour ainsi dire pas l'équilibre du milieu, et le rendement s'améliore pour autant que l'azote soit accompagné de K_2O ou de P_2O_5 (voir, dans le tableau I, les rendements d'Offagne dus à NK, NP, NKP). Au contraire dans un terrain de faible productivité, déficient en potasse et en phosphore, un excès d'azote augmente le déséquilibre et l'action sur le rendement est ainsi dépressive. Dans ce cas, l'azote sera utilisé à l'élaboration de protéines dont le taux augmentera sensiblement.

On pourrait ajouter aux facteurs variété, sol et fumure, le facteur climat. Celui-ci en effet peut influencer le rendement d'une année à l'autre. Pour obtenir des rendements élevés, les précipitations doivent être suffisantes dans la seconde moitié du développement et la température doit être moyenne à basse. Au contraire, la sécheresse à ces mêmes moments, surtout longue et intense, de même qu'un automne humide, diminuent la récolte (8).

Chapitre III. VALEUR ALIMENTAIRE DE LA POMME DE TERRE

Kellner, dans ses normes d'alimentation, considère la pomme de terre comme un aliment de pleine valeur. La cellulose est en quantité minime, et même, contrairement à ce qui se passe dans d'autres aliments, son action dépressive est considérée par lui comme presque nulle. Il est seulement nécessaire dans le rationnement de tenir compte du déficit en calcium et en phosphore, et de la teneur relativement peu élevée des tubercules en matières protéiques.

Malgré ces déficiences, la pomme de terre possède, et ce fait mérite d'être spécialement souligné, la supériorité nutritive sur les betteraves fourragères : elle contient malgré tout moins d'eau, et elle est plus riche en matières protéiques et hydrocarbonées. Kellner donne les chiffres suivants (9) :

TABLEAU III

	Betteraves fourragères	P. de terre
Matière sèche	12 %	25 %
Protéines brutes	1,2%	2,1%
Matières extractives br.	8,7%	21 %
Unités nutritives	9,6	21,2
Rapport nutritif	9,6	18,3
Valeur amidon	6,4	20,2
Équivalent fourrager	9 kgs	3,5 kgs
Une unité Fourragère =	10 livres	4 livres

Autres chiffres de comparaison dans lesquels on a introduit les céréales :

TABLEAU IV

	Céréales	P. de terre	Betteraves F.
Unités fourrag.	100	30	11
Valeur Amidon	70	20	6
Valeur relative /kg	4	1	0,5
— par Ha	0,4	1	0,6

Au point de vue nutritif, la pomme de terre vaut donc plus de deux fois la betterave fourragère.

On a souvent reproché aux tubercules leur forte teneur en eau, leur sensibilité au froid, les dépenses élevées nécessaires à leur préparation, et surtout leurs pertes en substances nutritives à l'entreposage : celui-ci, en effet, même réalisé dans d'excellentes conditions de conservation, fait subir aux tubercules une perte de poids de 1,3 % au moins, pertes qui s'accroissent très rapidement au moment où les jets poussent pour prendre des proportions vraiment dommageables. La masse subissant facilement l'action du froid, l'amidon est alors transformé en sucre, ce qui se manifeste par un goût sucré très prononcé.

L'ensilage des tubercules crus en vue de l'alimentation du bétail est lui-même aléatoire : divers micro-organismes et diastases entraînent une combustion de principes organiques (amidon et sucres surtout) ce qui provoque un échauffement de la masse. Du fait également du mauvais tassement, une certaine fermentation putride, dont le maximum se rencontre auprès des produits faisant 60 à 80 % d'eau, se déclare et détruit les matières protéiques déjà en trop faibles quantités.

On considère que la perte en matière sèche est alors égale au 1/5 de la matière sèche de la masse ensilée.

Pour pallier à ces inconvénients, les Allemands, entre autres, ont proposé l'utilisation des tubercules desséchés, soit par transformation en cossettes et traitement aux gaz chauds, soit par cuisson et broyage par cylindres chauffés à la vapeur, soit par ébouillantage, pression et dessiccation. Cette solution n'est pas sans rencontrer de multiples inconvénients : mobilisation d'un matériel onéreux, main-d'œuvre et manipulation importantes et, fait plus grave encore, diminution des coefficients de digestibilité ; c'est pourquoi nous ne pouvons l'envisager.

Tableau V. — Coefficients de digestibilité chez les tubercules desséchés et étuvés (cuits).

	Dessiccation	Étuvage
Matière organique	91,3	94
Protéines brutes	58,8	76
Matières extractives	94,5	98

Le traitement des tubercules par cuisson ou étuvage avant ensilage s'impose donc tout naturellement ; nous en étudierons l'influence sur la valeur alimentaire et sur les possibilités d'ensilage, ainsi que les différents modes d'exécution.

Chapitre IV. TRAITEMENTS DU TUBERCULE

§ 1. — Étuvage.

A. *Généralités*. Il est donc préférable, pour la consommation comme pour la conservation ,de cuire des tubercules. Nous ne parlerons pas de la cuisson journalière à la ferme effectuée au fur et à mesure des besoins du cheptel, car cette façon de faire est antiéconomique, mais nous traiterons de l'étuvage global de la récolte de pommes de terre : il s'agit en effet d'un traitement à la vapeur, celle-ci étant injectée soit dans la masse « non en place », c.-à-d. sur le champ ou à quelque distance du silo, soit dans la masse « en place », c.-à-d. en silo.

Les principaux avantages dus à l'étuvage se résument de la facon suivante :

1) Élimination des pertes par conservation.

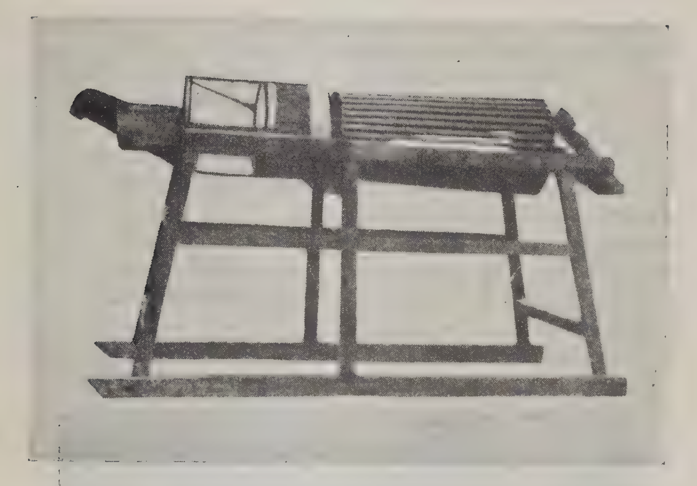


Fig. 1. — Type de laveur rotatif en bois, composé d'un tambour sec à treillis et du tambour laveur proprement dit à tringles de bois.

2) Économie de combustible, puisque traitement global de la récolte.

3) Économie de main-d'œuvre.

Il est également à noter que les tubercules attaqués par le mildiou peuvent être sauvés par traitement immédiat à la vapeur.

La valeur nutritive du tubercule n'est pratiquement pas modifiée par l'étuvage. Il a cependant été constaté au Danemark (10), lors d'une alimentation sous forme de pommes de terre cuites :

— que le nombre d'U. F. consommé par jour et par bête était supérieur (2,05 U. F. contre 1,62) ;

— que le nombre d'U. F. nécessaire à la production de 1 kg était moindre (4,45U. F. contre 5,10) ;

— et que la durée de l'élevage pour obtenir des bêtes de 60 kg était également moindre du fait d'un accroissement journalier supérieur (120 jours en moyenne au lieu de 180) (Tableau VIII).

Cette supériorité de la pomme de terre cuite est plus manifeste encore chez le porc du fait que la fécule ainsi traitée est entièrement digérée par celui-ci et produit ainsi 20 % de graisse de plus que la même quantité de fécule administrée pure au bœuf.

Les tubercules cuits peuvent être indifféremment distribués chauds ou froids (10) : l'accroissement moyen de poids par jour et par U. F. est constant. Le fait est particulièrement intéressant dans l'élevage à base de pommes de terre cuites ensilées, car il permet,

comme nous le verrons par la suite, de distribuer avec un minimum de manutention la « purée » extraite du silo.

B. *Pratique de l'étuvage.* Avant d'étuver, il est absolument nécessaire de laver les tubercules, la terre nuisant en effet au processus de la fermentation lors de l'ensilage et provoquant de ce fait une diminution de la digestibilité : les bonnes conditions de conservation sont ainsi compromises et des accidents d'ordre digestif chez les animaux sont possibles. Il est à noter que le lavage s'impose même dans le cas de pommes de terre ensilées à l'état cru, les conséquences néfastes de toute souillure étant identiques dans ce cas. Nous avons personnellement remarqué sur une portion de masse ensilée longuement exposée à l'air, une présence plus importante



FIG. 2. — Installation individuelle pour étuvage de pommes de terre, construite avec du matériel de récupération et montée sur châssis muni de roues.

de moisissures lorsque les tubercules étaient traités sans soins : fait facilement compréhensible du fait de la présence de nombreux micro-organismes dans le sol. Dans la pratique, cette exigence se butte à de grandes difficultés car on ne peut se contenter de petits laveurs rotatifs suffisant pour le traitement d'une ration quotidienne. Le laveur le moins onéreux qui ait été mis au point à ce jour se compose d'un tambour laveur s'amincissant en cône à un bout et tournant dans un récipient rempli d'eau. Les tubercules arrivent d'abord dans un tambour sec (voir cliché 1) où ils abandonnent déjà la plus grande partie de la terre et arrivent ensuite dans le tambour laveur proprement dit muni de tringles de bois.

Pour l'étuvage, le cultivateur peut difficillement songer à

disposer personnellement d'une machine à vapeur, même de format réduit, pour traiter sa production : l'amortissement d'une telle dépense rendrait l'opération peu rentable même si la quantité à traiter est importante. Cependant, il nous a été donné de voir une installation entièrement faite par un petit cultivateur à l'aide de matériaux de récupération (fig. 2) et qui donne à son auteur toute satisfaction. Machine à vapeur et chaudrons sont montés sur un même châssis muni de roues : il est ainsi possible de déplacer le groupe le long du silo et d'y déverser directement la masse étuvée. La vapeur est amenée au sein de la masse par l'axe porteur muni d'ouvertures ; la vapeur ayant tendance à remonter vers les parties supérieures, on fait basculer au bout d'un certain temps le chaudron autour de son axe.

En principe donc, on envisagera une installation importante mobile appartenant à une entreprise ou une coopérative quelconque, installation qui par son plein emploi s'amortirait très rapidement : les frais de location réclamés au cultivateur par kg de tubercules traités est ainsi réduit au minimum.

Dans le cas de l'étuvage « non en place », l'équipement est en général le suivant :

— une machine à vapeur, montée sur roues, de 13 m² environ de surface de chauffe (fig. 3).

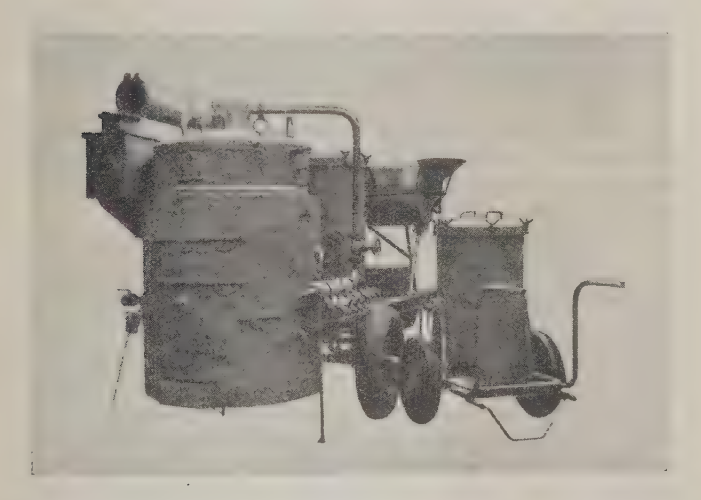


FIG. 3. — Installation mobile d'étuvage. On remarque à l'arrière-plan le laveur et, à droite, un chaudron monté sur wagonnet basculant. Installation pour entreprise ou coopérative d'étuvage.

— Quatre chaudrons, à fermeture hermétique, pour le traitement à la vapeur, d'une contenance de 400 à 450 kg de tubercules.

— un wagonnet spécial pour la manipulation des cuves remplies.

Le personnel nécessaire se compose de quatre ouvriers : un préposé à la machine, un au remplissage et deux préposés aux vidanges et au tassement du produit dans le silo.

On peut ainsi traiter facilement 10 tonnes par jour, l'étuvage d'un chaudron durant 20 minutes environ.

La consommation de combustible est de 3,6 kg d'aggloméré par 100 kg traités.

La quantité d'eau nécessaire variera d'après la teneur en matière sèche et la température initiale du produit à étuver. Elle se calcule de la façon suivante (11) :

Exemple : Tubercules à 25 % de m. s. pouvoir calorifique : 0,3
75 % d'eau — : 1
Température initiale : 10°
Température finale : 90°

Nombre de calories nécessaire aux 100 kg :
$(25 \times 3) + (75 \times 1)$ $(90 - 10) = 6.600$ calories.
Chaleur de vaporisation de 1 kg d'eau : 575 calories.
N. de litres/100 kg : 6.600/575 = 11,5 litres.

En pratique, le chiffre ainsi déterminé est toujours dépassé ; on doit donc tenir compte d'un certain coefficient d'utilisation déterminé expérimentalement et qui dépendra en ordre principal du rendement et de l'état de marche de la machine utilisée.

Tenant compte du coût de la main-d'œuvre, de la consommation du combustible et des frais de location de la machine qui peuvent s'élever à 12 cts au kg traité, le prix de revient actuel de l'étuvage seul est d'environ 28 cts au kilo.

Il faut éviter que l'étuvage se fasse sous pression trop forte, afin de ne pas influencer le goût et la valeur de la marchandise. Völtz fait remarquer que la fermentation du matériel est considérablement compliquée et ralentie quand l'étuvage s'est fait sous plusieurs atmosphères de pression et à des températures allant jusqu'à 150°. Ceci, à cause de la dénaturation des éléments nutritifs des bactéries (16).

Quoique de pratique hautement souhaitable, ce mode de traitement n'est pas sans inconvénients : main-d'œuvre encore importante, nécessité de plusieurs manipulations avant l'alimentation proprement dite, conditions pénibles de travail pour les ouvriers qui pataugent dans une masse littéralement gluante, grand nombre de tubercules écrasés. C'est pourquoi nous donnons notre préférence

au traitement « en place » ou en silo. Dans ce cas, chaudrons et wagonnet de manipulation sont remplacés par un pal injecteur de vapeur (simple tuyau perforé) ; l'injection se fait à différents endroits de la masse (tous les 50 cm environ) et dure 20 minutes environ.

Deux ouvriers suffisent : un pour changer le pal injecteur de place, l'autre pour alimenter les feux de la machine à vapeur.

La masse reste en place, ne se détériore pas, ce qui permet aux effets du traitement de se faire sentir durant une dizaine de jours : M. VERBEELEN, agronome de l'État à Bruxelles, nous a obligeamment communiqué les températures qu'il a relevées lui-même dans le cas d'un ensilage en place qu'il avait organisé :

Date.	Température.
28/12	Jour du traitement (non relevé).
29/12	61°
30/12	56°
31/12	53°
2/1	48°
3/1	36°

La quantité de vapeur nécessaire est ainsi ramenée à un strict minimum, et, de plus, le tassement s'effectue de lui-même sans aucune intervention. Agissant de la sorte, les frais globaux par kg de tubercules, depuis la récolte proprement dite jusqu'à l'utilisation même par le bétail, c.-à-d., ensilage compris, se chiffrent à 35 cts seulement, sans tenir compte des pertes beaucoup moins élevées que dans le cas précédent.

§ 2. ENSILAGE.

A. *Généralités.* Dans une masse ensilée, les cellules continuent à vivre tant qu'elles ont de l'oxygène à leur disposition et qu'elles ne subissent pas d'échauffement trop marqué (40 à 50°). Une fois les cellules mortes, le produit ensilé exsude un liquide très favorable au développement des bactéries. Si l'air est alors totalement absent, les bactéries aérobies et les moisissures ne pourront se développer : mais les bactéries anaérobies ou facultativement anaérobies se multiplient alors normalement. Ce sont les bactéries lactiques, butyriques et de putréfaction.

Les bactéries butyriques, en détruisant les hydrates de carbone et les albumines, donnent à l'ensilage un goût et une odeur désagréa-

bles bien caractéristiques. Le point essentiel est de savoir qu'elles exigent pour leur survie des conditions de température et d'acidité bien déterminées : 20 à 40° C. de température, et un pH supérieur à 4.

Les bactéries de putréfaction, aérobies par nature, s'adaptent relativement à une absence d'oxygène, et détruisent surtout les matières albuminoïdes. Leurs conditions de développement (45° C. maximum, pH également supérieur à 4) sont à peu près identiques à celles des bactéries butyriques.

Les bactéries lactiques transforment les hydrates de carbone en acide lactique. Les pertes en matières nutritives sont beaucoup moins élevées que celles causées par les deux autres groupes et le goût provoqué par elles n'est pas du tout désagréable au point de vue alimentaire.

Les conditions de développement étant différentes, il ne sera pas malaisé de favoriser celles-ci (bact. lactiques) tout en détruisant celles-là (bact. butyriques et de putréfaction) : les ferments lactiques peuvent en effet se développer entre 0 et 50° C. et supportent parfaitement un pH égal à 4.

En général, pour favoriser un bon ensilage, il faut réaliser une ou plusieurs des conditions suivantes :

a. — Absence d'oxygène. L'air, par un tassement suffisant, doit être totalement absent de la masse. Ce tassement est réalisé soit par un découpage assez poussé de la matière (12) (exemple : fanes de pommes de terre), soit par amollissement de la masse (cuisson des tubercules), et dans les deux cas par une lourde couverture de terre sur le silo.

b. — Ensilage à une température supérieure à 40° C. (à chaud) ou inférieure à 20° C. (à froid).

c. — Réaction acide du milieu (pH = 4) par addition d'un produit de conservation : acides minéraux ou organiques (exemple : ensilage acide des fanes de pommes de terre) (12).

d. — Addition d'hydrates de carbone se prêtant à la fermentation lactique (exemple : ensilage à la mélasse des fanes de pommes de terre).

L'ensilage des pommes de terre peut s'appliquer à des tubercules crus ou étuvés, et aussi, sous certaines conditions, à des tubercules gelés ou gâtés. Cependant, les conditions énoncées ci-dessus font aisément comprendre la supériorité de l'ensilage des tubercules cuits ou étuvés sur celui des tubercules crus. On évite en effet les pertes de matières nutritives dues à la respiration, on réalise un meilleur tassement et ainsi une parfaite expulsion de l'air, on pratique de la sorte un ensilage à chaud si efficace vis-à-vis des bactéries butyriques et de putréfaction.

B. *Pratique de l'ensilage.*

1. Ensilage de tubercules crus.

Cet ensilage ne peut s'admettre, à la rigueur, que là où la nourriture est destinée aux ruminants, car dans les autres cas, et même dans celui-là, les tubercules étuvés sont toujours préférables.

L'ensilage des tubercules crus doit obligatoirement se faire dans des fosses imperméables (16) ; sinon, les pertes seraient trop grandes et les chances de conservation sérieusement compromises. Les pommes de terre crues sont préalablement lavées et hachées. La fosse est remplie jusqu'aux 3/4, couche par couche, et avec tassement artificiel continu. On achève alors avec une couche de paille hachée ou de balles (seul cas, avec les betteraves, où une telle couche est nécessaire) afin d'absorber en partie le jus cellulaire et de pouvoir y superposer une couche de boue. Dans le cas d'un hachage imparfait, une addition de 0,5 % de sel de cuisine (chlorure de sodium) accélère la libération de la sève ; celle-ci écumant fortement, surtout au début, on n'ensilera d'abord qu'en partie pour achever et couvrir après 2 ou 3 jours seulement.

2. Ensilage des tubercules étuvés.

Celui-ci, contrairement au cas précédent, peut s'effectuer dans des fosses en terre ; en effet, l'amidon, devenu collant par la cuisson, est rendu suffisamment hygroscopique pour retenir la grande masse de la sève (16). Les micro-organismes lactiques trouvent dans la bouillie épaisse des pommes de terre un milieu extrêmement favorable à leur développement ; n'étant pas tous détruits par le traitement à la vapeur (étuvage) même sous pression, il n'est pas nécessaire lors de l'ensilage de « vacciner » la masse, c.-à.-d. d'y incorporer des ferments lactiques de culture. Cette « vaccination » dans le cas de tubercules fortement salis ne peut d'ailleurs éviter la putréfaction du produit.

a. — Étuvage et ensilage séparés. Dans ce cas, la température de la masse au moment de l'ensilage doit être de 35 à 45° C. On saisit de suite l'inconvénient de l'étuvage en chaudrons : par manipulations successives et mise en silo différée, la masse peut refroidir excessivement. Si, au contraire, la température est trop élevée, on est tenu de distribuer la masse par couches plus ou moins épaisses afin de régler le refroidissement, sans oublier le tassement artificiel et continu au fur et à mesure du remplissage du silo.

La protection contre l'air, la pluie et le froid est réalisée par une couche de terre d'une trentaine de cm d'épaisseur. Pour éviter toute souillure de la purée par la terre de recouvrement, couvrir

le silo de vieux sacs ou de papier huilé spécial. Lorsque les gelées sont à craindre, recouvrir également de paille avant d'appliquer, en forme de toit, la tôle ondulée pour l'écoulement des eaux de pluie (fig. 4).

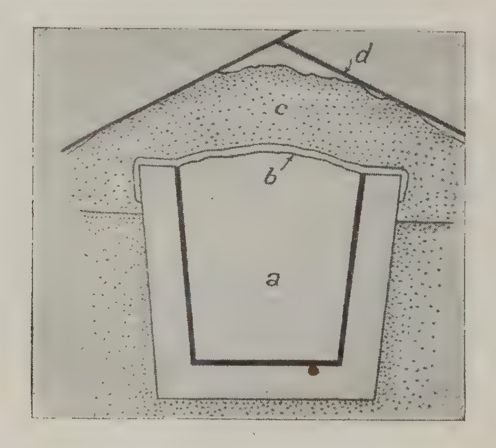


FIG. 4. — Silo permanent après remplissage.
a. Pommes de terre étuvées fortement tassées.
b. Vieux sacs protégeant la purée de toute souillure.
c. Couche de terre.
d. Tôles ondulées (s'indiquent dans les régions pluvieuses).

Malgré ces précautions, nous avons constaté dans un ensilage effectué de la sorte un tassement irrégulier et la présence de zones sombres inégalement réparties dans la masse, zones dues à un début de fermentation butyrique et de putréfaction.

b. — Étuvage et ensilage simultanés (fig. 5).

Les tubercules n'étant plus manipulés après le traitement à la vapeur, l'air est et reste donc parfaitement chassé du sein de la masse. Le refroidissement après traitement est extrêmement lent, ce qui permet un tassement optimum progressif et naturel, toutes conditions excellentes pour la réussite de l'opération, indépendamment du gain appréciable de main d'œuvre.

Un silo destiné à l'étuvage en place peut être creusé à même le sol. La section est trapézoïdale ; les parois sont couvertes de planches ou de vieux journaux pour éviter une trop grande souillure et une déperdititon trop rapide de la chaleur. Le cultivateur rompu à la pratique de l'étuvage peut alors confectionner des silos permanents de béton (parois goudronnées annuellement pour éviter l'attaque du béton par les acides) pour lesquels les conditions de réussite

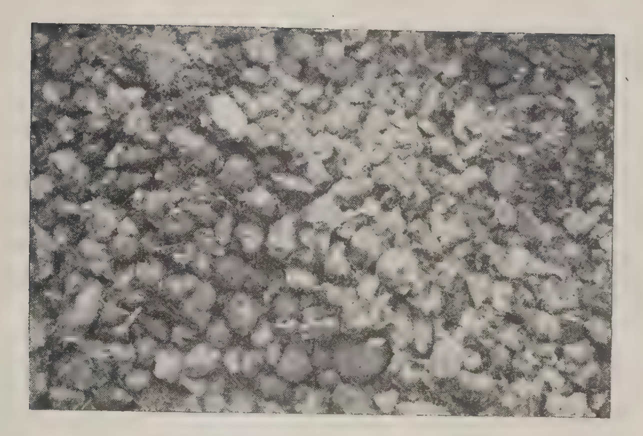


Fig. 5. — Pommes de terre étuvées et ensilées simultanément. Celles-ci restent entières vu l'absence de manipulations subséquentes à l'étuvage. A droite du cliché, l'amidon apparaît à la surface des tubercules.

sont plus délicates. Le fond du silo est en pente de 1 cm au mètre environ afin de permettre lors du traitement l'écoulement des eaux de condensation ; à cet effet, un drain est pratiqué à la partie inférieure, drain qui est bouché soit par de la paille ou de la terre dès que l'écoulement cesse.

Le point primordial est de fixer les dimensions de la section du silo ; celles-ci sont déterminées par la quantité de matière ensilée consommée journellement par le bétail. En effet, la masse étant débitée en tranches aussi fines que possible (5 à 6 cm), il faut éviter pour une même section une exposition à l'air de plus de deux jours, afin de prévenir l'apparition de moisissures. Pour une ferme d'importance moyenne, les dimensions de la section trapézoïdale ne dépasseront pas 80 cm à la base, 1,10 m à la partie supérieure, et 1 mètre de profondeur. Le tassement est d'environ 1/5. La longueur du silo n'est pas limitée et est évidemment fixée par la section et le volume de la masse à ensiler : 1 Tonne d'ensilage occupe environ 1,10 m^3.

3. Ensilage de tubercules gâtés.

Les tubercules gâtés provenant par exemple d'un tas d'entreposage gelé partiellement sont à trier et à laver rigoureusement de façon à éliminer les portions gâtées. Le reste des pommes de terre gelées mais non gâtées est travaillé comme les tubercules sains. Toutefois, il est conseillé d'enrichir le milieu avec des bactéries actiques de culture, afin de favoriser à priori une formation rapide

d'acide lactique malgré la forte infection causée par des microorganismes non désirables (16).

4. Ensilage de tubercules gelés.

Ceux-ci sont à ensiler exactement comme des tubercules sains. Lavés immédiatement après le dégel, ils sont ensuite étuvés et fortement tassés dans les fosses. L'addition de ferment lactique de culture n'est pas ici nécessaire ; en effet, la transformation d'amidon en sucre due à l'influence progressive des basses températures ne peut que favoriser la fermentation lactique vu la teneur du milieu plus élevée en sucre.

Chapitre V. VALEUR ALIMENTAIRE DES TUBERCULES TRAITÉS

La pomme de terre ainsi étuvée et ensilée subit des pertes nutritives peu élevées et notablement moins importantes que par toute autre manière. Schmöger avait déjà constaté en 1910 qu'après 6 mois d'ensilage la perte de masse dépassait à peine 14 % alors que par la mise en dépôt de tubercules non cuits la perte de poids après un même temps atteint 35 % (13).

Le produit final est légèrement moins riche en eau et en protéines réelles, mais la teneur en matières extractives est sensiblement augmentée (voir tableau VI).

Tableau VI

	Au moment de l'ens.		Au mom. de l'extract.	
	% de mat. totale	% de M. S.	% de mat. totale	% de M. S.
Eau	73,09	—	72,41	—
Protéines brutes	1,90	7,06	2,02	7,32
dont prot. réelles	1,46	5,43	1,50	5,43
Matières extractives	22,77	84,65	22,95	83,15
dont amidon.	19,60	72,86	18,90	68,48

Völtz, dans le tableau VII, nous renseigne sur les matières nutritives brutes de la pomme de terre sous ses différentes formes d'utilisation. A titre documentaire, nous reproduisons également les chiffres se rapportant aux flocons ainsi qu'aux tubercules hachés et séchés.

TABLEAU VII

	p. de t. crues	p. de t. étuvées	p. de terre étuvées et ensilées		flocons	hachées séchées	Moy. d'après Kellner	
			ferm. libre	fermentation « vaccinée »			p. d. t. fraîches	p. d. t. séchées
Matière sèche	25,97	25,79	25,64	26,12	88,96	91,18	25,0	88,0
Cendres	1,20	1,16	1,55	1,22	4,04	4,07	1,1	3,9
Mat. organiques	24,77	24,63	24,09	24,83	84,92	87,11	23,9	84,1
Protéines brutes	2,06	2,06	2,10	2,16	7,34	7,50	2,1	7,4
Mat. grasses brutes	0,05	0,03	0,12	0,03	0,12	0,40	0,1	0,4
Cellulose	0,60	0,54	0,76	0,55	1,97	2,10	0,7	2,3
Extractif non az.	22,06	22,00	21,11	22,09	75,49	77,11	21,0	74,0

Le tableau ci-dessous (Tabl. VII bis) nous montre que la digestibilité des matières nutritives des pommes de terre étuvées-ensilées est aussi élevée que celle des p. de terre étuvées, des flocons ou des tubercules hachés-séchés. Pour l'amidon, qui représente la majeure partie nutritive de la p. de terre, la digestibilité est plus élevée que celle du matériel frais. Il n'y a pas de différence entre l'ensilage libre (sans vaccination) et l'ensilage avec enrichissement ; ce qui confirme qu'un apport de bactéries lactiques n'est pas nécessaire dans le cas d'ensilage de pommes de terre saines (16).

TABLEAU VII bis. — DIGESTIBILITÉ.

	p. de terre crues et ensilées	p. de terre crues	p. de terre étuvées	P. de terre étuvées et ensilées — fermentation		flocons	hachées séchées
				libre	vacc.		
PORCS							
Matières organiques		90,5	95,8	96,2	94,9	95,9	94,3
Protéines brutes		84,0	76,9	79,6	73,2	81,2	71,1
Cellulose		46,2	70,7	82,5	66,6	78,4	69,4
Extractif non azoté		91,0	97,7	98,7	97,1	97,4	97,2
MOUTONS							
Matières organiques	80,0	83,5	83,9		82,9	85,1	81,9
Protéines brutes	34,1	43,6	51,7		37,9	42,4	49,5
Extractif non azoté	85,7	89,1	89,8		89,2	90,2	86,5

Des essais sur ruminants (moutons) effectués également par Völtz ont prouvé qu'il était également avantageux d'étuver les tubercules avant ensilage (Tabl. VII bis).

Chapitre VI. L'ALIMENTATION PROPREMENT DITE

Dans le cadre de cet exposé, nous n'entrerons pas dans les détails d'un calcul de ration qui doit tenir compte :

— de l'énergie nécessaire pour l'entretien de l'animal et pour l'élaboration de produits zootechniques ;

— d'un minimum de protéines (puisque l'animal ne peut le faire lui-même) exprimé par le rapport nutritif ;

— des substances minérales en quantités voulues et dans un rapport déterminé (Ca /P et K /Na) ;

— d'une certaine quantité d'eau nécessaire à l'obtention d'un coefficient d'encombrement donné.

Il suffira d'attirer l'attention sur les modalités de ce genre d'alimentation et de citer, pour fixer les idées, les quantités moyennes administrées au bétail dans la pratique.

§ 1. Emploi de tubercules crus.

Dans le cas de tubercules crus, il y a une grande différence entre l'utilisation de tubercules mûrs et sains et l'utilisation de tubercules verts, non mûrs, germés ou même malades et un peu gâtés. Ces derniers devront être donnés avec la plus grande prudence et en faible quantité (14) à condition d'observer les points suivants : bien les nettoyer, les dégermer et même, dans certains cas extrêmes, les étuver. Il faut alors rejeter l'eau de cuisson vu qu'elle contient une grande quantité de produits nocifs du tubercule.

En pratique, l'emploi de tubercules crus dans l'alimentation ne s'indique que lorsqu'on nourrit le bétail avec des aliments peu digestibles et constipants. Par grandes quantités, ils risquent de provoquer des diarrhées, ce qui va généralement de pair avec une utilisation incomplète des aliments (14). On constate également des défaillances de la digestion et de douloureuses inflammations de l'estomac et des intestins ; l'inflammation de l'épiderme aux membres postérieurs n'est pas rare chez les bovidés (14).

En général donc, la pomme de terre doit être donnée cuite. Maurice Roger, dans l'« Agriculture pratique » (15), déclare cependant que les vaches laitières peuvent recevoir les tubercules crus à condition de les couper en cossettes grossières. La quantité administrée est au maximum de 15 kg par jour et par 400 kg de poids

vif afin d'éviter la tendance à l'engraissement au détriment de la lactation.

§ 2. EMPLOIS DE TUBERCULES CUITS OU ÉTUVÉS.

KELLNER a émis, pour l'utilisation de la pomme de terre cuite, les considérations suivantes : la matière sèche ne doit pas dépasser le 1/3 de la matière sèche de la ration. Sous cette forme, le porc admet jusqu'à 50 à 60 % des hydrates de carbone nécessaires. Il ne faut évidemment pas donner les tubercules en association avec d'autres aliments aqueux.

Chez les bovins, une bête à l'engrais peut consommer 30 kg par jour tandis qu'une vache laitière consomme 15-20 kg, tous deux par 500 kg de poids vif. Par 100 kg de poids vif, le porc consomme 7-8 kg. Des quantités trop fortes administrées aux porcelets et aux nourrains les amollissent en leur fournissant trop peu de phosphate de calcium. Par kilo de matière sèche, la valeur nutritive des pommes de terre étuvées est plus grande que n'importe quelle autre plante fourragère. Pour les bovins, 1 kg de pomme de terre correspond à 0,5 kg de bon foin ou à 2 kg de vert ensilé. Pour les porcs, 4 kg de pommes de terre étuvées correspondent à 1 kg de céréales fourragères.

Des essais effectués au Danemark (10) avaient pour but de comparer la valeur de la pomme de terre cuite et de la pomme de terre crue dans l'alimentation du porc. L'observation des résultats repris dans le tableau VIII démontre, comme nous l'avons dit précédemment, que le volume d'unités fourragères consommé pour produire 1 kg est plus important lorsque les tubercules sont donnés crus.

TABLEAU VIII

	P. de terres cuites	P. de t. crues
Accroissement journalier en kg.	0,508	0,334
Nombre d'U. F. consommé par jour/bête	0,205	0,162
N. d'U. F. pour un acroissement de 1 kg.	3,95	5,10
Durée de l'élevage pour obtenir bête de 60 kg	121 jours	180 jours

Les Danois ont également remarqué (10) que les pommes de terre ensilées depuis quelques mois étaient mieux appétées par le bétail

et qu'il fallait légèrement moins d'U. F. pour un accroissement de 1 kg (tableau IX). Par ces mêmes essais, on a également déduit que la quantité optima à distribuer devait être de 30 % de la ration en valeur nutritive : ce qui confirme les premiers essais effectués par KELLNER. Pour les porcs en fin de croissance, cette quantité peut atteindre 50 %.

TABLEAU IX

	P. de t. cuites à l'état frais	P. de t. cuites après ensilage.
Augmentation journalière en Kg.	0,496	0,514
U. F. consommées par bête et par jour	1,74	1,71
U. F. nécessaires pour un accroissement de 1 kg	3,45	3,34

CHAPITRE VII. POINT DE VUE ÉCONOMIQUE

Voici quelques considérations d'ordre économique qui découlent d'expériences réalisées par certains de nos cultivateurs qui avaient déjà soupçonné la pleine valeur du tubercule dans l'alimentation du bétail tant du point de vue alimentaire proprement dit que du point de vue économique.

Dans une ferme hesbignonne, il a été réalisé, par l'alimentation des porcs aux tubercules cuits, un gain supplémentaire de 1,38 fr /kg (tableau X), soit environ 111 fr par porc. Dans cette même exploitation, on avait constitué 3 lots de porcs : le 1er recevait en moyenne 1,5 kg de mélange farine-maïs et 1 kg de maïs. Augmentation journalière de poids /bête : 602 gr. Le 2me lot, qui recevait 3 kg de farineux, a présenté une augmentation journalière de 650 gr. Le 3me lot, qui recevait 5 kg de tubercules et 1,7 kg de farines, a présenté une augmentation de 780 gr.

Un autre cas qui s'est présenté est le suivant : un cultivateur fournissait à ses porcs, avec farineux, et à volonté, des tubercules étuvés et ensilés ; il constatait bientôt une augmentation de poids journalière et par bête de 914 gr. La meilleure augmentation constatée par lui auparavant ne dépassait jamais 600 gr. Ce même exploitant remarqua même chez son cheptel bovin une augmentation de la production laitière (ce dernier point évidemment est donné sous toute réserve d'essais confirmatifs).

Dans le tableau X, nous comparons le gain réalisé chez les porcs par kg de croît dans le cas d'une ration à base de pommes de terre étuvées comparé à celui réalisé dans le cas d'une ration à base

d'orge. Nous donnons également les superficies culturales nécessaires à l'application d'un tel rationnement.

TABLEAU X

	(1) Kg	(2) Kg	(3) Kg	(4) Fr	(5) Fr	(6)
Ration à base de p. de terre						
P. de terre	75	90	724	0,75	543,00	
Orge	7	—	19	3,78	69,92	
Rebulet	10	3	44,54	3,10	138,06	6,73 Ha
Farine de poisson	5	1,5	22,27	7,20	160,35	
Tourteau de soya	3	6	42,86	5,20	222,87	
				Total :	1.136,20 /80kg	
	soit 14,18 fr /kg de croît.					
Ration à base d'orge.						
Orge	60	65	212,50	3,68	782,00	
Rebulet	30	28	96,74	3.10	300,00	
Farine de poisson	5	2	10,51	7,20	75,67	13,2 Ha
Tourteau de soya	5	5	16,83	5,20	87,52	
				Total :	1.245,19 /80kg	
	soit 15,56 fr /kg de croît.					

(1) Mélange pour rationnement de 2 1/2 à 4 1/2 mois — 20-50 kg.
(2) id. de 4 1/2 à 7 mois 50-100 kg.
(3) Consommation pour 1 porc, passant de 20 à 100 kg.
(4) Coût au kg de l'aliment considéré ; pour les pommes de terre et l'orge, il s'agit, non du prix d'achat, mais du prix de revient.
(5) Coût total de l'aliment considéré.
(6) Superficie nécessaire à l'application de la formule.

On constate donc un gain au kg de croît de :

15,56 — 14,18 = 1,38 fr.,

par le rationnement à base de pomme de terre.

Le gain de superficie culturale réalisé dans ce cas est de 49 %.

CONCLUSIONS

Nous avons tenté de démontrer au cours de cet exposé que l'alimentation bien comprise et bien menée du bétail à l'aide de tubercules, surtout étuvés et ensilés, constitue pour la culture de la pomme de terre, une destination éminemment rentable.

Cette constatation vient à son heure, au moment où l'agriculteur doit absolument diminuer ses prix de revient afin d'améliorer encore et consolider sa situation économique.

Nous sommes persuadé que la pomme de terre, par ses débouchés nombreux, est un des facteurs d'amélioration les plus importants tant du point de vue cultural qu'économique et qu'elle doit ainsi reprendre dans toute exploitation une place prépondérante.

Souhaitons que nos cultivateurs, avec leurs capacités bien connues, exploitent à bon escient les moyens que nous leur proposons afin qu'ils puissent réaliser de la sorte d'importants et substantiels profits.

Institut Agronomique de l'Etat à Gembloux,
Laboratoire de Chimie Analytique,
Avril 1950.

BIBLIOGRAPHIE

1. NEYE L. — *Lehrbuch der Pflanzenbaulehre.* 1938.
2. BRUNS. — *Zeit. fur. Pflanzen. Düng. und Bod.*, juin 1928.
3. DR FAESLER. — *Die Kaliversorgung der Kartoffel.* Der Kartoffelbau, n. 9, 1928.
4. BERKNER ET SCHLIMM. — *Landwirts jahrb.*, t. 76, p. 783-807.
5. DAVIES ET FOGAN. — *Empire Journal of Experimental Agriculture*, Janv. 1944, vol. XII, n. 45, p. 54-60.
6. C. R. *Ac. Agric.*, 1934, 20, 383-385.
7. HATESAUL. — *Journ. für Landw.*, 76e vol., 1928, n. 4.
8. SPENNEMAN. — *Kartoffel and Standart Pflanzenbau.* 1934, 10, p. 389.
9. ZWANEPOEL. — *Cours d'alimentation rationnelle.* Éd. Bothy, 1923.
10. MOTTE ET POUZET. — *La pomme de terre cuite.* La Maison Rustique.
11. CLEVERINGA. — *De beteekenis van het stoomen en inkuilen van voederaardappelen.* Zutphen, 1938.
12. NYS, L. — *Les fanes de pommes de terre dans l'alimentation du bétail.* Annales de Gembloux, 3me trim. 1949.
13. SCHMÖGER. — *Fuhlings land.* Zeitung, n. 13, 1910.
14. NEYE. — *Lehrbuch der Tierzuchtlehre,* p. 372.
15. ROGER, M. — *L'agriculture pratique,* fév. 1949, p. 68.
16. KIRSCH - HILDEBRANDT. — *Die Silofutterbereitung nach dem Kaltgärverfahren.* Parey P., Berlin, 1930.
